This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

[illegible] WELL [illegible] SCIENCE LIBRARY
[illegible] Cornell [illegible]

[illegible] books
[illegible]
[illegible] permission.
Please handle with care
and [illegible] member
[illegible] copying.

[illegible] in preserving
[illegible] collections.

Esq

Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Zweiter Theil:

Die Ströme.

Dritter Band mit 21 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Uferschälungen, Strombauten

und

Schiffahrts-Canäle.

Von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Dritter Band.

Mit einem Atlas von 21 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

25.18

Eng 927.67

JUN 10 1917

HARVARD COLLEGE LIBRARY

Inhalts-Verzeichnifs

des dritten Bandes.

Seite

Abschnitt IX.

Vertiefung des Fahrwassers (Fortsetzung) 1

§. 53. Sprengen der Felsen 3
§. 54. Der Taucherhelm 46
§. 55. Die Taucherglocke 59
§. 56. Der Taucherschacht 70

Abschnitt X.

Schiffahrts-Anlagen 81

§. 57. Die Flufsschiffahrt 83
§. 58. Die Warpschiffahrt 104
§. 59. Ueberwindung starker Gefälle 114
§. 60. Leinpfade 136
§. 61. Sonstige Schiffahrts-Anlagen 148
§. 62. Holz-Flösserei 158

Abschnitt XI.

Schiffsschleusen 169

§. 63. Anordnung der Schiffsschleusen 171
§. 64. Die Schleusenkammer 192

Seite

§. 65. Die Schleusenhäupter 211
§. 66. Anordnung der Thore 246
§. 67. Hölzerne Schleusenthore 259
§. 68. Eiserne Schleusenthore 285
§. 69. Befestigung der Schleusenthore 313
§. 70. Unterstützung der Schleusenthore 336
§. 71. Oeffnen und Schliefsen der Thore 357

Neunter Abschnitt.

Vertiefung des Fahrwassers.

Fortsetzung.

§. 53.

Sprengen der Felsen.

Wenn die im Fahrwasser liegenden Geschiebe so grofs sind, dafs sie weder mit Zangen noch Hakenkeilen gefafst, noch mit den zu Gebote stehenden Maschinen gehoben werden können, so müssen sie in kleinere Stücke zerlegt werden. Häufig setzen durch das Strombett auch gewachsene Felsbänke, auf welchen die nöthige Wassertiefe fehlt. In beiden Fällen kommt es darauf an, die der Schiffahrt hinderlichen Theile des Gesteins von der ganzen Masse zu trennen, und dieses geschieht vorzugsweise durch Sprengen mit Pulver, oder andre explodirende Verbindungen.

Wenn der Fels klüftig ist, so läfst sich derselbe zuweilen dadurch zerstückeln, dafs man starke Brechstangen in die natürlichen Fugen stöfst und letztere durch kräftige Bewegung so erweitert, dafs die gelösten Theile gehoben werden können, doch ist hierzu nicht leicht Gelegenheit, da nicht nur die Masse in ziemlich lockerm Zustande sich befinden, sondern auch das Wasser so klar sein mufs, dafs man die Fugen deutlich wahrnehmen kann. In letzter Beziehung bietet freilich das sogenannte Wasserfernrohr, von dem bei Gelegenheit der Taucher-Apparate die Rede sein wird, einige Hülfe, wenn man indessen nicht die zu vertiefende Stelle mit einem Fangedamm umgeben und trocken legen kann, wie zum Beispiel in der Ems geschehn ist, so ist von diesem Verfahren kein ausgedehnter Gebrauch zu machen.

Um einzelne grofse Geschiebe oder den gewachsenen Felsboden unter Wasser zu sprengen, werden wie beim sonstigen Steinsprengen, zunächst senkrechte oder wenig geneigte cylindrische Löcher gebohrt. In diese bringt man das Schiefspulver, das jedoch sorg-

fältig gegen den Zutritt des Wassers geschützt werden mufs, verbindet es mit Zündschnüren und verschliefst die Bohrlöcher durch den sogenannten Besatz, um der Entladung in der Richtung der Bohrlöcher vorzubeugen, und die Kraft gegen die Steinmasse zu richten.

Unter allen bekannt gewordnen Methoden zum Steinsprengen unter Wasser stimmt die vom spätern Geheimen Ober-Baurath Cochius bei Schiffbarmachung der Alle angewendete, am meisten mit derjenigen überein, die in den Steinbrüchen üblich ist. *) Die zu beseitigenden Steine waren hier grofse abgerundete Granitgeschiebe, wie solche in Ostpreufsen fast überall vorkommen. Indem nur die Fahrtiefe von 3 Fufs dargestellt werden sollte, so durften die tiefer liegenden Blöcke unbeachtet bleiben, wiewohl man zuweilen selbst in 5 Fufs Tiefe die Steine anbohren und sprengen mufste.

Nachdem der Stein von einem Nachen aus, der an beiden Ufern befestigt war, gehörig untersucht und die passendste Stelle für den Schufs ermittelt war, wurde mit einem Kronenbohrer von pyramidaler Form eine breite Vertiefung im Steine dargestellt, die man leicht wieder finden konnte. Sobald dieselbe etwa 2 Zoll tief war, setzte man die Arbeit mit dem Meifselbohrer fort. Das Bohrloch war 1 Zoll weit und seine Länge im Allgemeinen dem dritten Theil der Höhe des Steins gleich. Bei den kleinsten Steinen bohrte man 1 Fufs, bei den gröfsten bis 2 Fufs tief. Hierauf wurde die Mündung des Bohrlochs mit einem passend geformten gröfsern Kronenbohrer konisch erweitert, so dafs sie oben 2 bis $2\frac{1}{4}$ Zoll weit geöffnet war.

In diese Erweiterung wurde die entsprechende Spitze einer hölzernen Röhre getrieben. Letztere bestand aus einem geraden und astfreien Holz von 3 Zoll Durchmesser, und war $1\frac{1}{2}$ Zoll weit gebohrt. Die Spitze war in der konischen Fläche vielfach eingekerbt und dadurch möglichst uneben gemacht. Man umwand sie mit einer dünnen Lage Heede (dem Abgange beim Kämmen des Flachses) und strich darüber eine Mischung von Terpentinöl, Wachs und Talg. Alsdann wurde die Röhre über den Bohrer in die er-

*) Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend. 1798. II. Seite 72.

weiterte Mündung des Bohrlochs geschoben und durch mäfsige Schläge eingetrieben, so dafs sie sicher darin stand. Hierauf zog man den Bohrer heraus, legte auf das obere Ende der Röhre ein Brettchen, und schlug sie mit einem schweren Hammer fest ein. Nunmehr schöpfte man mit einem Schwamm, der an einen Stock gebunden war, das Wasser aus dem Bohrloch, und trocknete auf diese Weise sowohl die Wände desselben, als die der Röhre, bis endlich ein trockner Schwamm keine Feuchtigkeit mehr annahm. Um das Eindringen des Wassers sicher zu verhindern, wurde die Fuge zwischen dem Stein und der Röhre noch von aufsen mit fettem Thon verstrichen, was bei gröfsern Tiefen durch Leute geschah, die im Tauchen einige Uebung hatten. Während des Ausschöpfens des Bohrloches wurde auch das Steinmehl und die etwa abgefallenen gröfsern Steinstücke mit einem passenden Löffel entfernt.

Nachdem auf diese Weise das Bohrloch ziemlich trocken gemacht war, füllte man es etwa zum dritten Theil seiner Höhe mit Pulver an, und zwar wurde dazu mit Ausschlufs der obern, 1 Zoll starken Lage, gewöhnliches grobes Pulver benutzt. Die obere Lage bestand aber aus feinem Pirsch-Pulver. Die Zündnadel, deren unterer Theil aus Kupfer bestand, wurde neben der Wand des Bohrlochs zwei Zoll tief in das Pulver geschoben und trockner Lehm darauf gestreut, den man mit dem Ladestock feststiefs. Letzterer war an einer Seite mit einer Nuthe versehn, damit die Zündnadel sein Eindringen nicht hinderte. Der ganz trockne Lehm läfst sich jedoch nicht gehörig festschlagen, daher brachte man über denselben noch feuchten Lehm und Ziegelmehl und bildete daraus den eigentlichen Besatz, der nicht nur das ganze Bohrloch füllte, sondern sogar 1 Zoll in die hölzerne Röhre reichte. Nunmehr wurde die Nadel vorsichtig herausgenommen, durch einen hinreichend langen Rohrstengel oder ein feines hölzernes Röhrchen gezogen und mit demselben wieder eingesetzt. Man zog die Nadel alsdann aus diesem Röhrchen heraus, und durch letzteres wurde feines Pulver in die Rinne zur Seite des Lehmbesatzes eingeschüttet. Man schüttete aber, nachdem das Röhrchen fortgenommen war, noch so reichlich Pulver auf, dafs dasselbe etwa $\frac{1}{2}$ Zoll hoch über dem Lehmpfropfen lag.

Der auf diese Weise vorbereitete Schufs wurde endlich durch

ein Stückchen glühenden Schwammes entzündet, das man mittelst einer Zange herabfallen liefs, oder gewöhnlich nur aus freier Hand hineinwarf. Der Arbeiter, der den Schufs anzündete, mufste sich nur hüten, von der hölzernen Röhre getroffen zu werden, die meist senkrecht in die Höhe flog. Im Uebrigen fand bei der Explosion keine Gefahr statt, denn die Steinstücke wurden nicht leicht über Wasser geworfen, es lösten sich in der Regel auch keine kleinern Theile, vielmehr spaltete der ganze Stein regelmäfsiger als in freier Luft und trennte sich gemeinhin nur in wenige gröfsere Stücke.

Manche Steine waren so grofs, dafs sie fünf bis sechsmal gesprengt werden mufsten, bevor die einzelnen Stücke mit der Zange gefafst werden konnten. Durchschnittlich kostete das Sprengen jedes Steins einen Thaler.

Einige der hierbei gebrauchten Apparate sind Fig. 228. auf Taf. XXVIII. dargestellt; *a* zeigt den mit Schwamm umwundnen Stock, *b* den Löffel, dessen man sich zum Ausnehmen des Bohrschlammes bediente, *c* die Zündnadel und *d* den Ladestock. Die Bohrer waren nicht wesentlich von denjenigen verschieden, welche im ersten Theil dieses Handbuches §. 11. beschrieben sind.

Wichtiger waren die von Thunberg beim Bau des Hafens von Carlscrona in grofser Tiefe vorgenommenen Sprengungs-Arbeiten. Fellers *) bezeichnet das dabei angewendete Verfahren in folgender Weise.

Mit einem Steinbohrer von 3 Zoll Durchmesser bohrt man in den Stein ein Loch von hinreichender Tiefe. Der Bohrer ist so lang, dafs er bis über die Oberfläche des Wassers reicht. Zum Einsetzen des Schusses dient eine Röhre von Weifsblech, die unten mit einem Boden versehn und dicht gelöthet ist, so dafs das Wasser nicht hineindringen kann. Ihr unteres Ende mufs so weit sein, dafs es das Bohrloch im Steine füllt. Sie ist gleichfalls so lang, dafs sie bis über die Oberfläche des Wassers heraufreicht. Ferner gebraucht man zwei eiserne Keile, ähnlich denjenigen, womit Steine gehoben werden. Der eine derselben hat sein dickes Ende oben, der andere unten. Wenn beide aufeinander gelegt werden, bilden sie einen Cylinder. An denjenigen Keil, dessen dickes

*) *Essais de bâtir sous l'eau. Stockholm* 1776.

Ende nach unten gekehrt ist, bindet man mit einer Schnur die Patrone, welche das Pulver enthält. An dieser Schnur versenkt man ihn in die Röhre, so dafs die Patrone auf dem Boden der letztern steht. Der andre Keil ist an dem obern, oder dem dicken Ende mit einer eisernen Stange verbunden, die gleichfalls bis über die Röhre herausreichen mufs, aufserdem ist in die schräge Ebne, in welcher beide Keile sich berühren, eine Rinne eingefeilt. In diese Rinne bringt man die Papierröhre, worin sich die Zündschnur befindet, und bedeckt die letzte im übrigen Theil ihrer Länge mit einer dünnen hölzernen Rinne, die mit einem Faden an jene Eisenstange gebunden wird. Alsdann kann das Feuer sich von oben her durch die hölzerne Rinne und durch die in den Keil eingefeilte Rinne bis zur Patrone fortsetzen. Diesen zweiten Keil schiebt man mittelst der daran befindlichen eisernen Stange zugleich mit der Zündschnur und der hölzernen Rinne in die Blechröhre herab. Nachdem Alles auf dem Lande zusammengesetzt ist, stellt man die Blechröhre in das Bohrloch und klebt den Zünder mit Thon an die hölzerne Rinne und die Eisenstange. Alsdann ist der Schufs vorbereitet. Um aber wenigstens einen Theil des Apparats später wieder benutzen zu können, bindet man die Blechröhre an die Balken eines vor Anker liegenden Flosses, legt andre Holzstücke auf dieses, und darüber endlich eine Bohle, die genau über die Mündung der Blechröhre treffen mufs, ohne jedoch die Stange, noch sonst einen Theil des Apparats zu berühren. Um der Bohle noch mehr Widerstand zu geben, legt man einen Stein darauf. Alsdann brennt man den Zünder an. Der Keil, dessen untere Fläche den Stofs des Schusses zunächst empfängt, kann den zweiten Keil, der ihn hält, nicht heraustreiben. Beide klemmen sich daher stark gegeneinander, schliefsen das Bohrloch und der Stein mufs zerspringen. Der mit der Spitze abwärts gekehrte Keil nebst der daran befestigten Stange, wird gemeinhin in die Höhe geworfen, und die Stange durchbohrt die Bohle und bleibt darin stecken, so dafs man sie nebst dem Keil bei den folgenden Schüssen wieder benutzen kann. Der andre Keil und das untere Ende der Blechröhre werden dagegen bei jedem Schufs zerstört, oder sind später nicht wieder zu finden.

Nach der von Fellers mitgetheilten Zeichnung ist das Bohrloch nahe 3 Fufs tief, die Patrone 1 Fufs hoch, und eben so lang sind

sind auch die Keile. Fig. 229. zeigt den ganzen Apparat, nämlich *a* die sämmtlichen Theile in ihrer Zusammensetzung, *b* den mit der breiten Seite nach unten gekehrten Keil, *c* denselben mit der Patrone und der Schnur, *d* den andern Keil mit der eisernen Stange und der eingefeilten Rinne, so wie *e* die hölzerne Rinne. Die Tiefe, in welcher gesprengt wurde, war ohne Zweifel mit der allgemeinen Meerestiefe an der Stelle, wo der Fangedamm errichtet wurde, übereinstimmend, betrug also etwa 20 Fuſs.

Dieselbe Anordnung des Apparats wurde einige Jahre später bei den Sprengungs-Arbeiten in der Donau wieder gewählt. In der Beschreibung derselben *) wird gesagt, daſs bei Anwendung der beschriebenen eisernen Keile der Schuſs zwar sehr sicher erfolgte, und niemals die Entladung durch das Bohrloch stattfand, daſs aber im Vergleich mit demjenigen Verfahren, wobei der obere Theil des Bohrloches durch kleine Steinstücke, Thon u. dergl. gefüllt und fest ausgeschlagen wurde, die Wirkung einer gleichen Pulvermenge viel geringer ausfiel. Es wird ferner erwähnt, daſs die Wirkung um so geringer war, je weniger genau die Keile schlossen, und je gröſser der Spielraum zwischen dem Bohrloch und der Röhre blieb. Man versuchte auch, den untern Keil, der jedesmal zur Seite geschleudert wurde und alsdann nicht wieder zu finden war, aus hartem Holz darzustellen, indem man sogar hoffte, dadurch einen genauern Schluſs zu erreichen. Dieser Versuch miſsglückte aber vollständig, indem die hölzernen Keile zersplittert wurden, und die Entladungen durch das Bohrloch erfolgten, ohne den Stein zu sprengen.

Die Wirkung der Keile besteht ohne Zweifel darin, daſs beide beim Explodiren des Pulvers aufwärts getrieben werden, jedoch nicht mit gleicher Kraft. Derjenige, dessen gröſsere Basis abwärts gekehrt ist, und der überdies ein geringeres Gewicht hat, als der andre, wird stärker heraufgestoſsen. Er überholt daher jenen, beide drängen sich gegeneinander, und schlieſsen das Bohrloch. Die Blechröhre wird bei diesem Zusammenstoſsen ohne Zweifel sogleich gesprengt und die Keile pressen sich so kräftig an die Wände des Bohrlochs, daſs der ganze Schuſs sich nicht mehr nach oben

*) Nachrichten von den 1778 bis 81 in dem Strudel der Donau vorgenommenen Arbeiten. Wien 1781. Seite 27.

entladen kann und folglich seitwärts wirken muſs. Es ist indessen klar, daſs wenn schon die Röhre das Bohrloch nicht vollständig ausfüllt, die Keile dieses noch weniger thun können, sie lassen vielmehr, wenn sie sich auch weit übereinander schieben, zu beiden Seiten freie Räume offen, durch welche ein groſser Theil der comprimirten Luft entweichen kann. Andrerseits ist es aber nicht in Abrede zu stellen, daſs die Methode nicht nur groſse Bequemlichkeit bietet, sondern auch in sofern sehr sicher ist, als beim Einschieben der Keile eine Beschädigung der Blechröhre und des Zünders weniger zu besorgen ist, als wenn der Besatz darin eingestampft wird.

Bei diesen Sprengungs-Arbeiten an der Donau wurde auſser der so eben beschriebnen noch eine andre Methode angewendet, die zwar weniger sicher, aber, wenn sie glückte, bei gleicher Ladung viel wirksamer war, als die erste. Eine Blechbüchse, Fig. 230. *a*, oben geschlossen und unten mit einem Deckel versehn, der wasserdicht aufgesetzt werden konnte, wurde durch die Pulverladung vollständig gefüllt. Oben war eine feine Blechröhre, oder die Zündröhre angelöthet, durch welche der Zündfaden gezogen wurde. Letzterer muſste zuerst und zwar so tief hineingesteckt werden, daſs er bis mitten in die Pulverbüchse reichte. Alsdann füllte man diese an, und schob den Deckel auf, dessen vorstehender Rand vorher mit Talg eingerieben war, um den Zutritt des Wassers zu verhindern. Die Büchse wurde nunmehr in das Bohrloch geschoben (Fig. 230. *d*). Indem man jedoch besorgte, daſs bei dem Feststoſsen des Besatzes die Pulverbüchse und Zündröhre leiden könnten, so wurde zum Schutz beider eine starke eiserne, am untern Ende mit einer Scheibe versehene Rinne, Fig. 230. *b*, darüber gelegt, die bis über Wasser sich fortsetzte.

Die Scheibe oder Schutz-Platte durfte indessen nicht unmittelbar auf der Büchse aufliegen, weil letztere alsdann durch die Stöſse beim Einstampfen des Besatzes noch beschädigt werden konnte. Man zog daher die in Fig. 230. *c* dargestellte Schraubenklemme über die eiserne Rinne und zugleich über die Zündröhre, bis die nach unten gekehrte starke Schraube, die als Fuſs diente, den Felsen berührte. Hierauf hob man die Klemme zugleich mit der Rinne wieder heraus, und befestigte durch die drei Seitenschrauben beide gegen einander, wobei indessen die Zünd-

röhre so viel Spielraum behielt, dafs sie nicht mitgefafst wurde. Man stellte alsdann den Apparat wieder ein, und mittelst eines langen Schraubenschlüssels wurde der Kopf der nach unten gekehrten Schraube etwa einmal umgedreht, um den gewünschten Spielraum zwischen der Pulverbüchse und der Platte darzustellen. Endlich wurde mit Hülfe eines Trichters das Material, woraus der Besatz gebildet werden sollte, nämlich feine Steinstückchen und Thon in das Bohrloch geworfen, und durch einen passend geformten Ladestock in dünnen Lagen festgestampft. Fig. 230. *d* zeigt die Zusammensetzung der ganzen Vorrichtung.

Der über die Felsen stürzende Strom war hier so heftig, dafs man besondre Vorkehrungen zur Mäfsigung desselben treffen mufste. Diese bestanden darin, dafs man theils gewöhnliche Schiffe oberhalb der zu sprengenden Felsen durch Einlassen von Wasser auf den Grund stellte, theils aber benutzte man dazu auch besondere Staukasten, wie Fig. 231. einen solchen zeigt. Die Dimensionen derselben sind nicht mitgetheilt, es ergiebt sich aber aus der Figur, dafs sie im Grundrifs nahe rechtwinklige und zwar gleichschenklige Dreiecke bildeten, deren Schenkel sich über die Basis, d. h. über die dritte Seitenwand des Kastens verlängerten, und dadurch den Strom noch vollständiger von dem dazwischen liegenden Raum abhielten. Die Kasten selbst waren wasserdicht, und wurden mit Kies so stark beschwert, dafs sie auf dem Grunde aufstanden. Man fand es aber vortheilhaft, mehrere solcher Kasten von geringer Höhe übereinander zu setzen, wodurch theils die Mühe der Aufstellung vermindert, besonders aber bei plötzlichen Anschwellungen das Abfahren erleichtert wurde, indem alsdann nur einige Arbeiter in den obern Kasten hineinsteigen und den darin befindlichen Kies auswerfen durften, worauf dieser Kasten forttrieb und die übrigen, die nicht belastet waren, sich hoben und gleichfalls leicht fortgebracht werden konnten.

Diese Arbeiten wurden im vorigen Jahrhundert ohnfern des Städtchens Grein in dem berüchtigten Donau-Wirbel und Donau-Strudel ausgeführt, wovon bereits §. 21. die Rede war. Die Schiffahrt blieb indessen, wie oben erwähnt, hier noch immer sehr gefährlich, woher in neuerer Zeit die Sprengungen fortgesetzt sind. Auch weiter abwärts bei Orsowa in dem sogenannten eisernen

Thor hat man ähnliche Arbeiten unternommen, die zu sehr günstigen Erfolgen geführt haben sollen. Wegen der scharfen Windungen der tiefsten Rinne im heftigen Strom zwischen den Felsen war hier die Schiffahrt früher beinahe ganz unterbrochen, nach den 1847 bis 1849 von der Dampfschiffahrts-Gesellschaft ausgeführten Felsen-Sprengungen gehn nunmehr nicht nur Dampfschiffe auf- und abwärts hindurch, sondern es werden von solchen auch Segelschiffe herauf geschleppt. *) Nähere Angaben über das dabei angewendete Verfahren sind nicht bekannt geworden.

Es ist schon erwähnt (§. 52.), dafs mehrere grofse Granitblöcke, welche früher die Mündung der Dange zum Theil sperrten, durch den Hafen-Bauinspector Veit in Memel beseitigt wurden. Sie waren so schwer, dafs sie vor dem Heben gesprengt werden mufsten, und hierzu wurde ein Verfahren angewendet, welches von den bisher beschriebnen Methoden in mancher Beziehung abweicht. **)

Die Bohrlöcher waren 1 Zoll 9 Linien weit und 27 Zoll tief, sie wurden aber in ihrer Mündung konisch bis auf 5 Zoll erweitert, um darin hölzerne Röhren einsetzen zu können. Die Pulverbüchse bestand wieder in einem Cylinder aus Weifsblech, der jedoch oben und unten durch aufgelöthete Böden verschlossen war. Der obere Boden war zum Einschütten des Pulvers mit einer kleinen Oeffnung versehn, und aufserdem war eine blecherne Zündröhre daran gelöthet, die bis über Wasser reichte. Die Pulverbüchse war 9 Zoll hoch und hielt 1 Zoll 7½ Linien im äufsern Durchmesser, so dafs sie in das Bohrloch, welches 1½ Linien weiter war, leicht eingeschoben werden konnte. Die Zündnadel war 4½ Linien stark. Der Schufs wurde in der Art vorbereitet, dafs zuerst der Zündfaden in die Zündröhre eingeschoben wurde, und zwar so weit, dafs er bis zum Boden der Pulverbüchse herabreichte. Dieser Zündfaden bestand aus mehreren, lose gesponnenen und schwach zusammengedrehten baumwollenen Fäden, in welche man einen aus Pulver und Rum gebildeten Brei eingerieben hatte. Diese Zurichtung wurde gewählt, weil bei unmittelba-

*) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1850. Notizblatt Seite 279.
**) Beiträge zur Kunde Preufsens. I. Seite 221.

rer Anfüllung der Zündröhre mit Pulver das Feuer sich nur wenige Fuſs weit fortsetze, und die Entzündung des Schusses bei der vorhandnen groſsen Tiefe nicht erfolgte.

Sobald der Zündfaden eingebracht war, wurde die Pulverbüchse gefüllt, und die obere Oeffnung mit einem gut passenden Kork geschlossen. Ehe man indessen den Schuſs in das Bohrloch brachte, wurde in dessen obere Erweiterung eine 8 Zoll starke und $2\frac{1}{2}$ Zoll weit ausgebohrte tannene Röhre gesteckt, die dem Bohrloch entsprechend, am untern Ende konisch zugespitzt war. Durch die Oeffnung dieser Röhre konnte die Pulverbüchse sehr sicher und bequem eingesetzt werden, auſserdem aber wurde es hierdurch auch möglich, den Thon, der den Besatz des Schusses bilden sollte, vor starker Benetzung und völligem Erweichen zu sichern. Der letzte Zweck erforderte einen wasserdichten Schluſs zwischen der Röhre und dem Stein, und ein solcher wurde dadurch bewirkt, daſs das konische Ende der hölzernen Röhre unten nur schwach, weiter aufwärts dagegen sehr stark mit Heede umwunden, und diese mit einer Mischung von Theer und Asche bestrichen war. Auſserdem wurde ein ringförmiger Sack aus Segeltuch, der mit grobem Kies gefüllt war, oberhalb dieser Umwicklung an die Röhre genagelt, und er bildete, wenn die Röhre fest eingetrieben wurde, einen Schirm, der die ganze Packung zusammenhielt, und namentlich das Heraufziehn des Polsters aus Heede, oder dessen völlige Ablösung verhinderte. Fig. 232. zeigt die ganze Anordnung.

Nachdem die hölzerne Röhre aufgesetzt und mit einer Handramme fest eingetrieben war, entfernte man mittelst eines Schwammes das Wasser aus dem Bohrloch, schob die Pulverbüchse an der Zündröhre hinein, und schüttete trocknen Lehm mit Ziegelmehl auf, der in dünnen Schichten mit einem passend geformten Ladestock vorsichtig festgestampft wurde.

Die Sprengung geschah unter Eis. Die Explosion war kaum hörbar, und die Eisdecke wurde gar nicht erschüttert. Die hölzerne Röhre sprang aus dem Wasser und war unten gespalten, die Zündröhre dagegen wurde weit fortgeschleudert. Der Stein selbst war stets regelmäſsig gesprungen, und die Fuge etwa einen halben Zoll weit geöffnet.

Diese Oeffnung genügte nicht, um einen Arm der Steinzange einbringen, und mittelst derselben den gelösten Theil heben zu kön-

nen. Es mufste daher eine andre Vorrichtung zum Fassen des Steins gewählt werden, und dieses war der Hakenkeil, den schon Thunberg mit Vortheil benutzt hatte. Es kam indessen auch darauf an, denselben so anzusetzen, dafs er ungefähr die Richtung des Zuges hatte, nachdem der Stein bereits aus dem Grunde gehoben war. Zu diesem Zweck begnügte man sich nicht mit einem Hakenkeile, sondern benutzte wenigstens zwei derselben.

Nachdem, wie oben (§. 52.) erwähnt, die Form des Steins, wenigstens im horizontalen Querschnitt ermittelt war, wurden von der beschriebnen Rüstung aus die zur Aufnahme der Hakenkeile passenden cylindrischen Oeffnungen gebohrt. Diese waren 1 Zoll 10 Linien weit und wenigstens 15 Zoll tief.

Der Hakenkeil besteht nach Fig. 226. aus zwei Theilen, einem kürzeren, dessen oberes Ende mit dem Haken versehn ist, der von der Kette des Hebezeuges gefafst wird, und einem längern, dem Schlufskeil, der bis über Wasser reicht. Sind beide Theile so neben einander gelegt, dafs ihre untern Enden in eine Ebne fallen, wie Fig. 226. *a* zeigt, so bildet ihr Querschnitt eine Ellipse (Fig. 226. *c*), und zwar mufs die grofse Achse derselben etwas gröfser, und die kleinere etwas kleiner als der Durchmesser des Bohrlochs sein. Beide Theile werden durch eine schräge Schnitt-Ebene von einander getrennt, welche ihnen die keilförmige Gestalt giebt.

Will man mit diesem Apparat den Stein fassen, so schiebt man den längern Theil, oder den Schlufskeil zurück, wie Figur 226. *b* zeigt, und befestigt ihn mit einem Faden oder Draht an den Haken. Man schiebt hierauf beide Theile in das Bohrloch, jedoch nur so weit, dafs der Hakenkeil nicht den Boden desselben berührt. Das untere Ende des Schlufskeils dringt gleichfalls in das Bohrloch, indem bei dieser Stellung der Keile gegeneinander ihre gemeinschaftliche Breite noch kleiner bleibt, als der Durchmesser des Bohrlochs. Hierauf treibt man den Schlufskeil, dessen Kopf bis über den Wasserspiegel vorragt, mit einem schweren Hammer nach. Die oben erwähnte leichte Verbindung beider Theile löst sich dabei, und der Hakenkeil wird so fest geklemmt, dafs er durch den stärksten Zug nicht herausgerissen werden kann, so lange dieser gegenseitige Druck besteht. Der Haken, in welchen die Kette des Hebezeugs eingreift, mufs ziemlich nahe über der Oberfläche

des Steins bleiben, damit er nicht etwa abbricht, falls der Stein, dessen Form und Schwerpunkt man nicht genau kennt, beim Heben eine andre Lage annehmen sollte. Man befestigt aber den Haken, bevor er eingesetzt wird, an die Zugkette. Der Schlufskeil hat oben eine Oese, damit man ihn bequem herablassen und festbinden kann. Noch mufs erwähnt werden, dafs man bei gröfsern Steinen zwei oder drei Hakenkeile einsetzte, deren jeder durch eine besondere Kette gefafst wurde. Im letzten Falle behielt der Stein seine frühere Lage, wenn nur sein Schwerpunkt innerhalb der drei Unterstützungs-Punkte lag. Wollte man endlich, nachdem der Stein gehoben war, die Keile lösen, so genügten dazu einige Hammerschläge auf den Haken, der nicht auf dem Boden des Bohrlochs aufstand, weil er sonst nicht weiter herabgetrieben werden konnte.

Schon vor dem Einsetzen hing man die Haken in starke Stroppen, die mit Kauschen (Theil I. §. 35.) versehn waren, woran Flaschenzüge befestigt wurden. Sodann band man die Stroppen und die obern Theile der Haken an Stäbe, um sie sicher in die Bohrlöcher bringen zu können, worauf die Schlufskeile eingestellt und festgeschlagen wurden. Die Hakenkeile wurden aber in solcher Richtung eingesetzt, dafs beide Schlufskeile von einander abgekehrt waren. Dadurch wurde der Vortheil erreicht, dafs dieselben bei eintretender Seitendrehung des Steins nicht gegen die Stroppen sich lehnen konnten, wodurch sie möglicher Weise gelöst wären.

Zu den wichtigsten Sprengungs-Arbeiten der neuern Zeit gehören diejenigen, die im felsigen Bette des Rheins von Bingen abwärts bis gegen St. Goar ausgeführt sind. Der Hundsrück und der Taunus treten hier auf beiden Ufern einander gegenüber, und das Gebirge, welches im Strombette sich fortsetzt, verbindet beide. Wenn im Laufe der Zeit zwischen den vielen höhern Klippen, die sogar über Wasser treten, auch tiefere Rinnen sich ausgebildet haben, so bleibt das Bett doch so beschränkt, dafs die Wassermasse nur mit grofser Geschwindigkeit, also mit starkem Gefälle abgeführt werden kann. In den ersten 1600 Ruthen unterhalb der Mündung der Nahe beträgt das relative Gefälle 1 : 1606, doch ist auch dieses keineswegs gleichmäfsig vertheilt, also stellenweise noch gröfser. Die stärksten Gefälle, die sich bei niedrigem Wasserstande als förmliche Wasserstürze darstellen, befinden sich in dem berüchtigten Binger-Loch und weiter abwärts zwischen Caub und

Bacharach in dem Wilden Gefähr. In gewisser Beziehung ist die letzte Stelle noch gefährlicher, als die erste, denn im Binger-Loch liegt das Fahrwasser unmittelbar neben dem rechten Ufer, während das Wilde Gefähr in der Mitte des sehr breiten Stroms durchfahren werden mufs, wo also die tiefe Stromrinne schwieriger zu finden ist. Die relativen Gefälle sind hier gröfser, als sonst irgend wo auf dem ganzen Rhein zwischen Basel und der Nordsee, die Bergfahrt ist daher schwierig und die Thalfahrt wegen des starken Wassersturzes und wegen der geringen Breite und Tiefe und der vielfachen Windungen des Fahrwassers zwischen den höhern Felsköpfen höchst gefährlich. Andre Stellen, wie das Winker-Loch vor Lorchhausen, die Bank oberhalb St. Goar und mehrere andre sind weniger gefährlich, obwohl sie gleichfalls nur mit Vorsicht und genauer Lokalkenntnifs sicher durchfahren werden können.

Das Gebirge, welches den Strom durchsetzt, besteht aus Grauwacke, worin vielfach und zum Theil mächtige Lagen Quarz eingesprengt sind. Diese haben dem Stofs des Wassers und Eises, auch wohl dem der Schiffe und Flösse widerstanden, während die weichere Grauwacke bis zu gröfserer Tiefe ausgebrochen ist. Das eigentliche Binger-Loch ist die Fahrrinne in einem scharfen Felsrücken, der sich unterhalb der Ruine Ehrenfels quer durch den Rhein erstreckt und aus einer besonders mächtigen, aufwärts gekehrten Quarz-Schicht besteht. Fig. 255. auf Taf. XXXIII. zeigt die Situation des Binger-Lochs und seiner nächsten Umgebungen.

Nach verschiednen ziemlich unsichern Nachrichten sollen hier schon zur Zeit der Römischen Kaiser und später unter Karl dem Grofsen einzelne besonders gefährliche Felsen ausgebrochen sein. Der Erzbischof Siegfried zu Mainz, der zur Zeit Heinrich IV. lebte, nahm diese Arbeiten wieder auf, doch blieb die Schiffahrt so behindert, dafs nur kleinere Fahrzeuge und Holzflösse zu Thal fuhren, die Bergfahrt aber bei Asmannshausen unterbrochen war, und alle Güter hier ausgeladen, auf den steilen Bergpfaden über den Niederwald transportirt, und erst bei Eibingen oberhalb Rüdesheim wieder in Schiffe verladen wurden.

Sehr bedeutend waren die Arbeiten, die im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts das Handlungshaus von Stockum in Frankfurt ausführen liefs. Das noch jetzt als Fahrrinne benutzte Binger-Loch soll damals eröffnet sein.

Später geschah nichts für die Verbesserung des Fahrwassers. Eines Theils mag im Laufe einiger Jahrhunderte, und namentlich nachdem eine bestimmte Rinne vorgezeichnet war, der Strom und das Eis, so wie auch die darüber gehenden Fahrzeuge die Tiefe etwas vergröfsert haben. Dieses ist um so wahrscheinlicher, als alle vortretende Felsköpfe glatt abgeschliffen sind, und dadurch auch die Gefahr beim Aufstofsen etwas vermindert wurde. Andern Theils bildeten sich nach und nach die Lokal-Steuerleute besser aus, und indem sie die Gefahr in ihrer ganzen Gröfse kannten, so führten sie nur bei günstiger Witterung die Schiffe hindurch, und sorgten dafür, dafs dieselben nicht bis zur ganzen vorhandnen Tiefe eintauchten, sondern noch hinreicheades Wasser unter dem Boden behielten. Der Nullpunkt des alten Pegels in Bingen, der früher die zulässige Tiefe der Einsenkung bezeichnet haben soll, liegt einen vollen Fufs, Cölner Maafs, über der Sohle des Binger-Lochs. So geschah es, dafs ohnerachtet der sehr grofsen Erschwerung der Schiffahrt und namentlich des sehr lästigen Zeitverlustes, dennoch wenig Unglücksfälle vorkamen, und die Klagen über die schlechte Beschaffenheit des Fahrwassers lange Zeit hindurch nicht die Aufmerksamkeit der Regierungen und des Publikums auf sich zogen. Die Schiffer betrachten gemeinhin Schiffahrtshindernisse, die sie aus frühster Jugend kennen, als nothwendige Uebel, die sich nicht beseitigen lassen. Sie fangen erst an zu klagen, wenn einzelne Schiffahrtshindernisse beseitigt sind, also ein augenscheinlicher Beweis vorliegt, dafs die uralten Uebelstände wirklich entfernt werden können.

Die Einführung der Dampfschiffe auf dem Rhein liefs die damaligen Mängel sehr deutlich erkennen. Wenn die Boote auch den ungünstigen localen Verhältnissen entsprechend eingerichtet waren, so wurde doch nunmehr die Forderung gestellt, dafs die Fahrten regelmäfsig, also unabhängig von dem Wasserstande und der Witterung stattfinden sollten. Diese Bedingung liefs sich freilich nicht vollständig erfüllen, bei starkem Nebel und bei besonders niedrigem Wasser hört auch gegenwärtig der Dienst auf, aber widrige Winde, die in dortiger Gegend besonders häufig eintreten, sollten die Fahrten nicht mehr behindern, und dieses war bei der Enge und den vielfachen Krümmungen des Fahrwassers nicht möglich. Bald nach Eröffnung der Dampfschiffahrt stiefs im Jahr 1825 das Schiff Con-

cordia unterhalb des Binger-Lochs auf einen Felsen aufserhalb des Fahrwassers und wurde stark beschädigt. Dieses Ereignifs, welches ohne Verschulden des Schiffsführers und Lootsen eingetreten war, bedrohte die vor Kurzem ins Leben getretene und für den Verkehr so wichtige Dampfschiffahrt.

Eine genaue Untersuchung des Fahrwassers und seiner Umgebungen wurde nunmehr angeordnet, und darauf begannen die wichtigen Sprengungen, die bis zum Jahr 1841 fortgesetzt wurden. Soweit sich diese auf die Strecke von oberhalb der Mündung der Nahe bis unterhalb des Binger-Lochs beziehn, sind die betreffenden Felsen im Situations-Plan Fig. 255. angegeben. Die beseitigten Felsen sind darin nur durch Contouren bezeichnet, während diejenigen, welche als unschädlich angesehn, und daher nicht gesprengt wurden, dunkel gehalten sind. Jene wurden soweit entfernt, dafs sich über ihnen derselbe Wasserstand, wie im frühern Binger-Loch darstellte. Unter diesen herabzugehn würde wegen der übermäfsigen Ausdehnung der Sprengungs-Arbeiten zu grofse Kosten veranlafst haben, auch durfte der Stau, den die Felsen verursachten, nicht vermindert werden, da sonst die oberhalb belegene Strecke, vorlängs des Rhein-Gaus, die an sich schon sehr mäfsige Schiffahrts-Tiefe verloren haben würde. Es handelte sich also nur um die Darstellung einer hinreichend breiten und möglichst geraden Fahrrinne.

Die Wassertiefe über den in der Figur mit Nummern bezeichneten Felsen waren um die nachstehenden Maafse geringer, als im Binger-Loch:

1. der Fahrstein 2 Fufs 7 Zoll,
2. der Mühlstein, der sich 15 Fufs 3 Zoll über Binger-Loch erhebt, ist nicht gesprengt, da er leicht umfahren werden kann,
3. die Fiddel 2 Fufs 4 Zoll,
4. die Bank 10 Zoll,
5. der Scharfenstein 2 Fufs 3 Zoll,
6. der Reiher 1 Fufs 6 Zoll,
7. der kleine Wegstein 6 Zoll,
8. der grofse Wegstein lag schon früher etwas unter Binger-Loch.
9. Im Lochstein sind die zur Seite des frühern Fahrwassers

vortretenden Felsen soweit beseitigt, dafs dieses von 25 Fufs auf 150 Fufs verbreitet wurde,

10. der lange Ort 5 Zoll,
11. die Bänke 3 Fufs 5 Zoll,
12. der sogenannte Fels 1 Fufs 4 Zoll und
13. der Concordia-Stein, auf den das Dampfboot Concortia auffuhr, 3 Fufs 6 Zoll.

Es darf kaum erwähnt werden, dafs die vorstehenden Maafse sich keineswegs auf einen gemeinschaftlichen Horizont beziehn, vielmehr dabei schon das Gefälle des Stroms berücksichtigt ist. Indem man die ganze Strecke von Bingen bis St. Goar als ein natürliches Wehr ansehn kann, so darf es nicht befremden, dafs auch hier, wie bei künstlichen Wehren das Oberwasser zur Zeit der Anschwellungen sich weniger erhebt, als das Unterwasser. Bei sehr niedrigem Wasser giebt der Cölner Pegel nahe die Fahrtiefe im Binger Loch an, die mit dem Nullpunkt des Binger Pegels übereinstimmt. Bei höherem Wasser sind die Differenzen aber sehr bedeutend, wie nachstehende Tabelle, die aus den Beobachtungen von 1846 entnommen ist, ergiebt.

Cölner Pegel.	Binger-Loch Fahrwasser.	Differenz.
4 Fufs 6 Zoll.	4 Fufs 4 Zoll.	0 Fufs 2 Zoll.
5 „ 4 „	4 „ 11 „	0 „ 5 „
7 „ 9 „	6 „ 4 „	1 „ 5 „
8 „ 5 „	6 „ 9 „	1 „ 8 „
9 „ 2 „	7 „ 2 „	2 „ 0 „
10 „ 1 „	7 „ 9 „	2 „ 4 „
15 „ 4 „	11 „ 1 „	4 „ 3 „
22 „ 8 „	14 „ 7 „	8 „ 1 „
25 „ 0 „	17 „ 1 „	7 „ 11 „
26 „ 4 „	18 „ 0 „	8 „ 4 „

Diese Tabelle bezeichnet das Verhältnifs der Wasserstände an beiden Orten, doch fehlt es nicht an bedeutenden Abweichungen, die ohne Zweifel von dem zeitweise sehr verschiednen Ergufs des

Hauptstroms und der Nebenströme herrühren. Während der gröfsten Hitze führt der Rhein das Wasser des in der Schweiz schmelzenden Schnees ab, wogegen die Nebenströme, also die Lahn, Mosel, Ahr und Sieg den niedrigsten Stand erreicht haben. Es ergiebt sich aus dieser Vergleichung, dafs die sehr mäfsige Tiefe des Fahrwassers im Binger-Loch zur Zeit der kleinsten Wasserstände weniger störend ist, dafs sie aber bei den gewöhnlichen niedrigen Wasserständen zwischen 6 und 8 Fufs am Cölner Pegel schon eine bedeutende Verminderung der Einsenkung der Schiffe bedingt.

Die in den Jahren 1830 bis 1832 auf Kosten der Preufsischen Regierung vorgenommenen Sprengungs-Arbeiten im eigentlichen Binger-Loch oder auf dem Lochstein (No. 9. der Zeichnung) hat der ausführende Baumeister van den Bergh ausführlich beschrieben. *)

Das Verfahren beim Sprengen stimmte im Allgemeinen mit dem bereits beschriebnen überein, doch waren dabei, so wie auch in den benutzten Apparaten manche Aenderungen eingeführt. Die Pulverbüchse, deren Höhe dem dritten Theil der Tiefe des Bohrlochs gleichkam, hielt 1 Zoll 8 Linien im äufsern Durchmesser. Sie war unten mit einem gut schliefsenden Deckel versehn, dessen cylindrischer Rand sich in die Büchse hineinschob. Oben, und zwar in der Mitte der Büchse war die blecherne Zündröhre von 3 bis 4 Linien Durchmesser angelöthet. Dieselbe reichte jedoch nicht bis über den Wasserspiegel herauf, sondern war nur 2 Fufs 6 Zoll bis höchstens 3 Fufs lang. Die Zündschnur war durch sie hindurchgezogen, und ihr oberes Ende trat über Wasser vor. Um dieselbe gegen Benetzung zu sichern, mufste der ganze Apparat in eine zweite Blechröhre von 1 Zoll 10 Linien Durchmesser eingesetzt werden, die unten mit einem angelötheten Boden versehn war, und oben bis über das Wasser herausreichte. Die Bohrlöcher waren 2 Zoll weit und durchschnittlich 2 Fufs 2 Zoll tief. In die erwähnte weite Blechröhre wurde die Pulverbüchse eingesetzt, und aufserdem mittelst eines Ladestocks, dessen untere Platte eine sichelförmige Gestalt hatte, der Besatz aus angefeuchtetem Lehm bestehend, eingestampft. Nachdem dieses geschehn, brachte man die so vorbereitete Blechröhre in das Bohrloch. Letzteres mufste, um das

*) Die Felsensprengungen im Rhein bei Bingen zur Erweiterung des Thalweges im Binger-Loche von L. van den Bergh. Koblenz 1834.

Hineinfallen von Sand zu verhindern, vorher durch eine konisch zugespitzte Stange geschlossen werden. Sobald aber die Blechröhre eingestellt war, diente der zwischen dieselbe und die Wand des Bohrlochs eintreibende Sand zur vollständigen Ausfüllung des Raums. Soviel wie möglich wurden immer mehrere Schüsse gleichzeitig angezündet, weil man hierdurch eine Verstärkung des Effects zu erreichen hoffte.

Beim Bohren waren jedesmal fünf Mann beschäftigt, zwei drehten den Bohrer und drei schlugen abwechselnd mit Hämmern darauf. Durchschnittlich wurde bei ununterbrochener Arbeit das Bohrloch in jeder Stunde 2 Zoll vertieft, wenn man jedoch alle Nebenarbeiten mit berücksichtigt, und die ganze vorgekommene Arbeitszeit durch die Gesammttiefe aller Bohrlöcher dividirt, so ergiebt sich, dafs auf je fünf Mann in einer Stunde nur eine Bohrtiefe von 1 Zoll 3 Linien trifft. Nachdem man drei Zoll gebohrt hatte, mufste jedesmal der Bohrer wieder geschärft, und nach achtmaligem Schärfen neu verstählt werden. Letzteres wiederholte sich also auf 2 Fufs Bohrtiefe einmal. Bei jedem Schufs wurden durchschnittlich $4\frac{1}{2}$ Cubikfufs Steinmasse gelöst, oder etwa 4 Quadratfufs der Oberfläche des Felsens abgebrochen. Auf jeden laufenden Fufs Bohrloch trafen nahe 2 Cubikfufs abgesprengten Gesteins.

Bei diesen Arbeiten wurde die Strömung durch einen Staukasten abgehalten, der dem in Fig. 231. auf Taf. XXVIII. dargestellten ähnlich war. Er unterschied sich indessen in seiner Form von diesem, insofern das vordre, dem Strom zugekehrte Ende einen spitzeren Winkel bildete. Der Boden des Kastens war wieder ein gleichschenkliches Dreieck, und zwar von 17 Fufs 6 Zoll Basis und 24 Fufs Höhe, beides im Lichten gemessen. Die Seitenwände traten aber noch 4 Fufs 4 Zoll als Flügel vor die Hinterwand oder die Basis dieses Dreiecks vor. Die Wände waren vorn 12 Fufs 3 Zoll und hinten 11 Fufs 3 Zoll hoch. Der Kasten wurde durch eingepackte Steine oberhalb der Stelle, wo man arbeiten wollte, auf den Grund gesetzt. Die Rüstung zum Bohren und Einsetzen der Schüsse bestand aus einem Floss von 38 Fufs Länge und 18 Fufs Breite, welches in der Art zusammengesetzt war, dafs man mit Ausnahme des umgebenden Rahmens, alle Theile beliebig verschieben, und sonach an jeder Stelle innerhalb der Fläche des Flosses die Arbeit vornehmen konnte. Dieses Floss war theils zwischen den

Flügeln des Kastens befestigt, theils aber wurde es auch am hintern Ende noch von zwei angebundnen Ankernachen getragen.

Der Staukasten mit dem Floss bot allerdings für das Sprengen und Bohren eine grofse Bequemlichkeit, in dem sehr beengten Fahrwasser war er aber für die Schiffahrt höchst störend, und er würde, wenn die Dampf-Schleppschiffe schon damals diesen Theil des Rheins befahren hätten, wie jetzt geschieht, keine Anwendung haben finden können. Besonders wurde das Passiren der Holzflösse sehr erschwert, und dieselben richteten wiederholentlich bedeutende Beschädigungen an dem Kasten an. Letztrer wurde sogar zweimal durch sie vollständig zertrümmert, und als dieses zum zweiten Male geschah, wurde die Arbeit eingestellt.

Wenn auch durch diese bis zum Jahr 1832 fortgesetzten Arbeiten die Durchfahrt durch das eigentliche Binger-Loch wesentlich verbessert war, so gaben doch die vielfachen und nicht unbegründeten Klagen der Schiffer bald Veranlassung, die Felsensprengungen auch an andern benachbarten Stellen wieder aufzunehmen. Selbst das eigentliche Binger-Loch hatte in seiner Verbreitung noch nicht überall die volle Tiefe erhalten. Seit 1839 führte der Bauinspector Elsner diese Arbeiten aus, und das von ihm gewählte Verfahren war in mancher Beziehung von dem frühern verschieden.

Die Bohrlöcher waren $2\frac{1}{2}$ Zoll weit, ihre Tiefe war aber um 6 Zoll gröfser als die Tiefe, bis zu welcher der Felsen gesprengt werden sollte. Ein Rohr von Weifsblech, oben und unten offen und so lang, dafs es über das Wasser vorragte, wurde etwa 3 Zoll tief in das Bohrloch eingetrieben. Die Pulverbüchse, die 2 Zoll im Durchmesser hielt, und deren Höhe etwas über den dritten Theil der Tiefe des Bohrlochs, also zwischen 10 und 18 Zoll betrug, war mit einer Zündröhre verbunden, die bis über Wasser heraufreichte. Beide bestanden aus Weifsblech und waren zusammengelöthet. Der Deckel am untern Ende der Pulverbüchse wurde vor dem Einschieben mit Talg bestrichen, um gleichfalls einen wasserdichten Schufs zu bilden. In die Zündröhre schob man zuerst den Zündfaden ein, der aus einem losen baumwollenen Faden bestand, in welchen man Pulver, das in Spiritus zerlassen war, eingerieben hatte. Demnächst wurde die Büchse mit Pulver gefüllt, jedoch nicht vollständig, sondern nur so weit, dafs sie etwa einen halben Zoll hoch frei blieb.

Nachdem die Pulverbüchse an der Zündröhre durch das Schutzrohr hindurch in das Bohrloch eingestellt war, schüttete man in dieses zuerst eine kleine Quantität feinen Sandes, um den freien Raum aufserhalb der Pulverbüchse auszufüllen. Der eigentliche Besatz bestand aus grobem Sand, und diesen warf man so reichlich ein, dafs er nicht nur das ganze Bohrloch füllte, sondern sogar einige Zoll hoch über der Oberfläche des Steins das Schutzrohr ausfüllte. Mit einem passend geformten Ladestock wurde zuletzt der Sand vorsichtig festgestampft. Das Anzünden geschah gewöhnlich gleich nach der Vorbereitung jedes einzelnen Schusses. Mehr als zwei Schüsse wurden aber nie zu gleicher Zeit angezündet.

Ich bin beim Abfeuern einiger Schüsse, und zwar auf dem Scharfenstein, zugegen gewesen. Der Wasserstand über dem Stein betrug nahe 8 Fufs. Die Entzündung erfolgte jedesmal unter einem dumpfen Krachen, und die spätere Untersuchung mit dem Visitir-Eisen ergab, dafs die Sprengung des Felsens gehörig erfolgt war. Ein Auswerfen einzelner Steinstücke bis über Wasser trat nicht ein, nur die Schutzröhre und Zündröhre, die beide an ihren obern Enden festgebunden waren, brachen unten ab. Sie waren im gröfsten Theile ihrer Länge nicht beschädigt, und konnten daher wiederholentlich benutzt werden, nachdem die fehlenden Theile erneut waren.

Zum Abhalten des Stroms hatte man hier ein sehr einfaches Mittel gewählt, das, wenn es auch weniger bequem als der Staukasten war, doch den Vortheil gewährte, dafs man im Fall der Noth, oder sobald ein Schiff oder Floss dagegen zu stofsen drohte, augenblicklich den ganzen Apparat lösen und treiben lassen konnte. Die Beschädigungen beschränkten sich daher in solchem Fall allein auf die Theile, die vielleicht im Bohrloch schon festgestellt waren. Die erwähnte Vorrichtung bestand in einer Rinne, die dadurch gebildet war, dafs man zwei Bretter der Länge nach rechtwinklich auf einander genagelt hatte. Diese Rinne wurde ungefähr senkrecht aufgestellt, so dafs der rechte Winkel dem Strom zugekehrt war, und in dem innern Raum zwischen den beiden Brettern wurde gebohrt und das Schutzrohr aufgestellt. Der obere Theil der Rinne war zwischen dem Nachen und einem leichten Floss, das nur aus zwei Bäumen bestand, festgeklemmt, während der untere mit einem Ringe versehene Theil durch ein Tau, das am Vordertheil des

Nachens schräge herabreichte, gehalten wurde. Der Nachen selbst lag vor Anker oder war am Ufer befestigt, und um Seitenbewegungen desselben zu verhindern, waren vier Bäume auf beiden Seiten und zwar sowohl vorn, als hinten, schräge ausgesetzt. Sobald es darauf ankam, einem Schiff oder Floss auszuweichen, durfte man nur das Ankertau oder das Fangetau lösen, worauf sogleich der ganze Apparat frei wurde und mit dem Strom herabtrieb. Nichts desto weniger wurde auch bei diesen Arbeiten der grofse Staukasten wieder benutzt, so oft die Richtung des Fahrwassers ein Gegenstofsen der Schiffe und Flösse nicht besorgen liefs.

Bei der Zunahme des Schiffsverkehrs auf dem Rhein und namentlich bei der weitern Ausdehnung der Dampf-Schleppschiffahrt haben die Anforderungen sich wieder wesentlich gesteigert, und wenn auch die Tiefe des ursprünglichen Binger-Lochs bei allen Sprengungs-Arbeiten bis St. Goar noch immer als Norm gilt, so waren dennoch die Fahrwasser an vielen Stellen zu verbreiten und gerade zu legen und auch insofern zu vertiefen, als man früher nur die höchsten Kuppen in der Sohle bemerkt und beseitigt hatte, während andre daneben unbeachtet geblieben waren, auf welchen der beabsichtigte Wasserstand sich noch nicht vorfand. Dabei stellte sich auch in mehreren Strecken das Bedürfnifs heraus, den stromauf gehenden Schiffen besondre Fahrwasser zu eröffnen, weil in den engen Rinnen ein Begegnen nicht zulässig war, und daher neben diesen Wahrschauen eingerichtet werden mufsten, wodurch den aufwärts fahrenden Schiffen durch eine Flagge das Signal zum Anhalten gegeben wurde, sobald ein herabkommendes Schiff oder Floss sich dem Eingange der Rinne näherte. Bei dieser Erweiterung der bestehenden und Eröffnung neuer Fahrwasser durfte indessen der Abfluſs des Wassers nicht so verstärkt werden, dafs eine Senkung des Wasserspiegels eintreten konnte, weil hierdurch die dargestellte Tiefe wieder verschwunden, auch in den oberhalb belegenen Stromstrecken vielleicht neue Untiefen sich gezeigt hätten. Es mufste also in solchem Falle eine Verbauung des Strombetts erfolgen, die das Wasser in gleichem Maafse zurückhielt, wie der Abfluſs durch die Aenderung jener Rinnen befördert wurde.

Fig. 255. auf Taf. XXXIII. zeigt in den punktirten Linien die Veränderungen des Strombetts in der Nähe des Binger-Lochs, an deren Vervollständigung auch noch gearbeitet wird. Die Felsen-

Sprengungen sind unter Einführung des im Folgenden beschriebenen Verfahrens bedeutend weiter ausgedehnt. Das eigentliche Binger-Loch ist in angemefsner Weite verbreitet, auch ist eine grofse Anzahl der gefährlichen Klippen bereits beseitigt. Da aber auf diese Weise der Abfluſs des Wassers erleichtert wurde, so mufste, wie erwähnt, eine starke Einschränkung des Strombetts vorgenommen werden. Diese ist, wie die Figur zeigt, auf der linken Seite erfolgt, und da hier ein neues Fahrwasser eröffnet worden ist, das auf der concaven Seite liegt, so durfte dieses nicht durch Buhnenköpfe begrenzt bleiben, vielmehr war es nöthig, dieselben durch ein Parallelwerk zu verbinden, welches sich noch etwas über die Ausdehnung der Zeichnung fortsetzt, während weiter abwärts, wo die Krümmung sich mäfsigt, nur Buhnen erbaut sind.

Das erwähnte zweite, linkseitige Fahrwasser, welches das Binger-Loch umgeht, wurde theils dargestellt, um den zu Berg fahrenden Schiffen einen besondern Weg anzuweisen, damit sie nicht den Durchgang der Flösse abwarten dürfen, wenn solche durch die Wahrschau auf dem Mäusethurm angekündigt worden, theils aber mufste auch für einen bequemen Zugang zum Hafen der Rhein-Nahebahn gesorgt werden, der links vom Mäusethum im Ufer ausgehoben ist. Beide Fahrwasser sind durch einen hohen Steindamm von einander getrennt, der sich an das Riff anschliefst, in welchem das Binger-Loch sich befindet. Diese Trennung war nothwendig, weil ohne sie das Wasser aus dem linkseitigen Fahrwasser in das rechtseitige oder in das Unterwasser des Binger-Lochs zurückgetreten und die Kies-Ablagerung im untern Theil des ersten Fahrwassers nicht zu vermeiden gewesen wäre.

Die neueren Felsensprengungen, die sich von der Mündung der Nahe bis St. Goar erstrecken, werden unter Leitung des Strom-Baudirectors Nobiling vom Bauinspector Hipp ausgeführt, wobei längere Zeit hindurch der Baumeister Hartmann beschäftigt wurde. Letzterer hat von dieser ganzen Stromstrecke mit den darin liegenden Felsen und Kiesbänken eine übersichtliche Charte im Maafsstabe von 1 : 25000 bekannt gemacht. *)

Wenn man früher auch die höhern Felsen kannte, welche vorzugsweise die Schiffahrt gefährden, auch nach der §. 13. bezeich-

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1868. Band XVIII. S. 400.

neten Methode die höchsten Kuppen in den einzelnen Riffen ermittelt waren, so genügte dieses doch nicht für die nunmehr beabsichtigte Darstellung hinreichend breiter und gehörig gerichteter Fahrrinnen, die überall dieselbe Tiefe, wie das Binger-Loch haben sollten. Es kam darauf an, die Höhenlage aller Punkte der im Fahrwasser liegenden Felsbänke zu ermitteln, soweit der beabsichtigte Wasserstand darüber nicht vorhanden war. Da aber möglicher Weise in Folge der weitern Ausbildung der Rinnen die bestehenden Gefälle sich anders vertheilen konnten, so durfte bei den Tiefenmessungen jene Grenze nicht mehr beibehalten werden, man stellte sich vielmehr die Aufgabe noch um 2 Fufs darüber hinauszugehn, also alle Tiefen bis zu 2 Fufs unter Binger-Loch zu messen. Das dabei angewendete Verfahren hat Hartmann ausführlich beschrieben. *) Es mag hier nur das Verfahren in soweit mitgetheilt werden, als es nach den dabei gesammelten Erfahrungen sich als das zweckmäfsigste herausstellte.

Zunächst mufsten die Ufer des Rheins bei einem bestimmten niedrigen Wasserstande genau vermessen, und die nöthige Anzahl von Festpunkten auf denselben bestimmt werden, von welchen aus durch Einschneiden die Lage jeder untersuchten Stelle sich sicher ermitteln liefs. Man ging bei dieser Aufnahme von den Dreieckspunkten der Landes-Vermessung aus, und bestimmte hiernach trigonometrisch die neu gebildeten Festpunkte an beiden Ufern, die durchschnittlich an jeder Seite 100 Ruthen von einander entfernt lagen, wenn keine Veranlassung war, sie näher zusammenzurücken. War letzteres der Fall, so war ihr Abstand nur der jedesmaligen Breite des Stroms gleich. Traten aber in besonders wichtigen Stellen einzelne Klippen hinreichend weit über Wasser vor, so wurden in diese Löcher gebohrt und darin Signale aufgestellt, die mit den an den Ufern befindlichen gleichfalls trigonometrisch verbunden wurden.

Die dem Fahrwasser zu gebenden Richtungen waren keineswegs allein durch die Lage der Felsen bedingt, und da man letztere im Allgemeinen schon früher kannte, so liefsen sich mit Rücksicht auf die sonstigen Bedingungen (§. 28.) die beiderseitigen Gren-

*) Beschreibung der speciellen Aufnahme und Verpeilung des Rheinstrombettes in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1868. Band XVIII. S. 231.

zen des zu wählenden Fahrwassers schon vorher feststellen, und durch Signale auf einem oder dem andern Ufer so sicher bezeichnen, dafs man bei den Tiefenmessungen diese Grenzen stets deutlich erkennen konnte.

Nunmehr kam es darauf an zu untersuchen, ob in jedem Querschnitt der Rinne die beabsichtigten Tiefe schon vorhanden war, und wo dieses nicht der Fall war, mufsten die Tiefen speciell gemessen, auch ermittelt werden, ob die Untiefe aus gewachsenem Felsen oder aus Kies besteht. Wenn man aber Kies fand, so mufste noch durch Abbohren die Gewifsheit darüber erlangt werden, dafs nicht etwa unter demselben sich noch Felsen befanden, die über das angegebne Maafs herausreichten. Diese Untersuchungen wurden zunächst durch die sehr heftige Strömung wesentlich erschwert. Im Binger-Loch fand man das absolute Gefälle auf 148 Ruthen gleich 1,6 Fufs, relativ ist es also 1 : 1130, und wenn an andern Stellen auch etwas geringer, so war es doch fast überall, wo Felsen zu messen waren, noch so bedeutend, dafs man keine Apparate anwenden durfte, welche dem Strom eine ausgedehnte Angriffsfläche entgegensetzten, und selbst für gröfsere Fahrzeuge, die stromrecht schwammen, mufste man zuweilen den schweren Anker noch durch einen zweiten unterstützen, da der Felsboden ein sicheres Eingreifen nicht gestattete. Sodann forderte auch die frequente Schiffahrt solche Anordnung, dafs jede Hemmung derselben vermieden wurde, wenn aber grofse Flösse herabgingen, deren Weg sich nicht sicher vorher bestimmen läfst, so mufste die Arbeit jedesmal unterbrochen und die Fahrbahn in übermäfsiger Breite freigestellt werden.

Um sich zu überzeugen, ob in dem bezeichneten Fahrwasser Untiefen lagen, die jenes Maafs überstiegen, bediente man sich einer fliegenden Brücke, wie solche am Rhein vielfach vorkommen. Dieselbe war auch mit Buchtnachen versehn. An einer Seite des einen Fahrzeugs war ein eiserner Rahmen angebracht, dessen untere Seite in einem 25 Fufs langen, schweren Eisenstabe bestand, der nach dem jedesmaligen Wasserstande 2 Fufs unter Binger-Loch-Sohle hing. Wenn dieser Rahmen beim Ueberscheeren der Brücke den Felsboden oder eine Kiesbank auch nur wenig berührte, so gab sich dieses schon durch das Gehör zu erkennen. Bei stärkerem Gegenstofsen legte der Rahmen sich aber seitwärts

um. Geschah dieses, so mufste die Stelle der Brücke gegen die Festpunkte bestimmt werden. Die Ankerkette wurde nach jedesmaligem Ueberfahren um 24 Fufs eingeholt, so dafs die Untersuchung beim nächsten Schlage sich an die vorhergehende anschlofs.

Zur speciellen Vermessung der in dieser Art aufgefundenen Untiefen bediente man sich zweier sogenannten Rhein-Nachen von 60 Fufs Länge und 8 Fufs Breite. Dieselben wurden stromrecht und parallel zu einander an beide Seiten des zu untersuchenden Theils der Untiefe festgelegt. Zunächst wurden von einem Nachen aus zwei Anker, einer stromauf- und der andre stromabwärts ausgebracht, sodann zwei Anker auf der Seite des Fahrzeuges, welche vom Fahrwasser abgekehrt war, einer am vordern der andre am hintern Ende. Dieses genügte aber noch nicht, und man mufste daher noch neben jedes Seitentau einen Schurbaum aussetzen. Dieses ist ein starker, am untern Ende mit Eisen beschlagener Baum, der schräge auf den Grund gestellt und durch ein umgeschlungnes Tau gegen das Schiff befestigt wird, um zu verhindern, dafs Letzteres in der Richtung des Baums sich nicht weiter bewegt. Durch die vereinigte Wirkung des Ankertaus und des Schurbaums wird jede Bewegung in der Richtung derselben verhindert, und nachdem dieses erfolgt war, konnte von den Festpunkten aus die Lage und Richtung der Nachen genau bestimmt werden.

Hatte die Untiefe keine bedeutende Breiten-Ausdehnung, oder wenn die Entfernung beider Nachen nicht gröfser als 40 Fufs war, so liefs der zweite durch zwei übergelegte Bäume sich sicher gegen den ersten befestigen, und bedurfte aufserdem nur eines stromaufwärts ausgebrachten Ankers. Bei weiterer Entfernung ersetzte man diese Bäume durch Taue, und alsdann mufste man neben den zweiten Nachen noch Schurbäume stellen. Waren die Entfernungen aber sehr grofs, wie beim Wilden-Gefähr, und der ganzen Breite der beabsichtigten Fahrrinne gleich, so blieb nur übrig, den zweiten Nachen ganz unabhängig vom ersten in derselben Art wie diesen fest zu stellen.

Der Raum zwischen beiden Nachen mufste ganz frei gehalten werden, und die Tiefenmessungen darin geschahn von einem kleinen Nachen aus, der wieder vor einem in der Mittellinie ausgebrachten Anker lag, und von einem der gröfsern Nachen nach dem andern überfuhr. Er war mit Beiden durch eingetheilte Leinen

verbunden, konnte also in jedem Punkte, wo die Messung geschah, festgehalten werden. Diese Punkte bestimmten sich aber durch die Lage beider Nachen gegen die Festpunkte, und durch die des kleinen Nachens gegen die ersteren.

Die Tiefenmessungen wurden in Abständen von 3 zu 3 Fuſs nach den Marken an jener Leine gemacht, und sobald der Nachen einmal den Weg zurückgelegt hatte, wurde das Tau, an welchem er vor Anker lag, um 3 Fuſs verkürzt. 13 Quadratruthen Wasserfläche wurden in dieser Art in 4 Stunden vermessen. Traf man aber auf eine Kiesbank, so wurde unmittelbar von dem kleinen Nachen aus die Bohrung ausgeführt. Das dazu dienende Werkzeug war wie ein gewöhnlicher Korkzieher gestaltet, und lieſs sich durch zwei Mann leicht bis zum Felsen oder bis zu der Tiefe von 2 Fuſs unter Binger-Loch herabdrehn.

Die so gefundenen Resultate wurden zunächst auf den angenommenen Normal-Wasserstand reducirt, und hierzu dienten einige in der Nähe aufgestellte Interims-Pegel, die mit den Hauptpegeln von Bingen und Bacharach längere Zeit hindurch verglichen waren. Sodann trug man die einzelnen Tiefen in die nach sehr groſsem Maaſsstabe gezeichneten Charten des Fahrwassers ein. Aus letztern lieſsen sich die Stellen, wo Sprengungen erfolgen muſsten, entnehmen, und man konnte diese nach den Festpunkten leicht wieder auffinden.

Hiermit war indessen die Untersuchung des Grundes noch nicht abgeschlossen, vielmehr wurde dieselbe in der als Fahrwasser auszubildenden Rinne noch weiter fortgesetzt. Man benutzte hierzu ein rostförmiges Floss, das vor Anker gelegt und durch Schurbäume unwandelbar festgestellt wurde, nachdem es an die Stelle gebracht war, die von den Ufern aus durch ausgesteckte Signale bezeichnet war. Auf diesem Floss konnte man bequem in Abständen von 2 Fuſs in der Längen- und Breiten-Richtung mittelst Peilstangen die Höhenlage gegen den dermaligen Wasserstand ermitteln, sich auch davon überzeugen, ob dazwischen andre noch höhere Kuppen sich befanden. Das einzelne Floss umfaſste aber nicht die ganze zu untersuchende Strecke, es muſste daher wieder verlegt werden und zwar in der Art, daſs es mit Rücksicht auf jene Signale sich genau an seine frühere Lage anschloſs. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden in groſsem Maaſsstabe aufgetragen,

und aus der Charte liefs sich alsdann leicht entnehmen, wo vortretende Felsen zu beseitigen waren. Nach den scharf bezeichneten Signal-Punkten liefs sich aber jede Stelle im Strombett, die in Angriff genommen werden sollte, sicher wiederfinden. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs in solcher Weise die Ausdehnung der nöthigen Sprengungs-Arbeiten sich viel sicherer erkennen liefs, als wenn nach der §. 13. erwähnten Methode nur mittelst einer horizontal aufgehängten Eisenstange die Erhebung der höchsten Felskuppen gemessen wurde.

Das Bohren geschah Anfangs aus freier Hand. Die Bohrlöcher hatten nur die Weite von 2 Zoll, und es waren dabei vier Mann beschäftigt. Die Arbeit ging indessen sehr langsam von statten, so dafs jeder laufende Zoll Bohrloch 14 Sgr. kostete und jeder Cubikfufs gesprengten Felsen 3 Thlr.

Im Jahr 1860 wurde zum Betriebe der Bohrer durch Dampf übergegangen, doch entsprachen die ersten Versuche keineswegs den Erwartungen, und man mufste vielfache Aenderungen an den Apparaten vornehmen, und zuletzt ganz neue Maschinen bauen. Im Juni 1863 wurde eine solche zuerst in Betrieb gesetzt. Bei derselben sind nur geringe Reparaturen vorgekommen. Sie hat sich vollständig bewährt und ist auch noch im Gebrauch. Eine specielle Beschreibung derselben hat der Bauinspector Hipp bekannt gemacht *), hier mag ihre Einrichtung nur kurz angedeutet werden.

Zwei Fahrzeuge von 60 Fufs Länge und 8 Fufs Breite sind durch eine feste Rüstung in der Art mit einander verbunden, dafs dazwischen ein Raum von 14 Fufs Breite frei bleibt. Diese Fahrzeuge werden so vor Anker gelegt, dafs der anzubohrende Felsen sich zwischen ihnen befindet. Da sie aber nicht fest liegen, vielmehr in der heftigen Strömung und namentlich beim Vorbeifahren von Dampfschiffen stark schwanken, so werden sie noch unmittelbar gegen den Felsboden gestützt. Zwei starke Bäume, mit eisernen Spitzen versehn, werden durch eine kräftige und sichere Führung gehalten. An ihnen befinden sich Zahnstangen, und hierin greift jedesmal ein Getriebe ein, das durch ein Vorgelege mit Curbel gedacht wird. Hierdurch können beide Fahrzeuge etwas an-

*) Bohrmaschine zur Beseitigung der Felsen unter Wasser in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. S. 117.

gehoben werden, so dafs sie auf den Stützen ruhn und dadurch einen festen Stand erhalten.

Ueber den freien Raum zwischen beiden Schiffen führt eine Eisenbahn, worauf ein vierrädriger eiserner Wagen steht, der durch zwei Zangen, die um die Schienen greifen, festgestellt wird, sobald der Bohrer sich lothrecht über dem Punkt befindet, der angegriffen werden soll. Der Wagen trägt einen 5 Fufs hohen eisernen Rahmen, der mit einer schwalbenschwanzförmigen Nuthe versehn ist, in welche der Bohrapparat eingreift, der also lothrecht gehoben und gesenkt werden kann. Derselbe ist mit einer gezahnten Stange versehn, welche in ein Getriebe pafst, das am Rahmen befestigt ist und mittelst eines Zwischengetriebes durch ein Spillrad bewegt wird. Beim Drehn des letztern hebt oder senkt sich der Bohr-Apparat, und zum Feststellen desselben dienen vier Einschnitte am Umfange des Spillrades, worin Sperrhaken eingreifen. Sobald das Rad von einem Einschnitt bis zum nächsten gedreht wird, so hebt oder senkt sich der Bohrer um einen halben Zoll.

Der Theil der Maschine, der auf die erwähnte Art gehoben und gesenkt werden kann, besteht aus einem kleinen Dampf-Cylinder von 12 Zoll lichter Höhe und 6½ Zoll lichter Weite, woneben die Schieber-Steurung sich befindet. Die Kolbenstange ist durch eine Stopfbüchse durch den untern Boden des Cylinders geführt und trägt noch über Wasser eine 9 Zoll hohe eiserne Muffe, in deren untere Fläche der Bohrer eingeschroben wird, so dafs die Achse desselben mit der des Dampf-Cylinders zusammenfällt. Der Kolben mit der Kolbenstange, der Muffe und dem Bohrer wiegen 3 bis 4 Centner. Der Schieber wird nicht durch die Maschine, sondern vom Maschinisten mittelst eines Hebels gesteuert, der, nachdem er herabgedrückt ist, durch eine Feder sich von selbst erhebt. Der Dampf tritt unter den Kolben und hebt den Bohrer, während er gleichzeitig auch in eine abgeschlofsne Haube oberhalb des Cylinders tritt. Das Ventil, das diese mit letzterem verbindet, wird beim Aufgange des Kolbens von demselben aufgestofsen, so dafs nunmehr der hier angesammelte Dampf über den Kolben tritt. Gleichzeitig hat sich der Schieber verstellt, wodurch der Dampf unterhalb des Kolbens entweicht. Alsdann stürzt der Kolben zugleich mit dem Bohrer, theils durch sein eignes Gewicht und theils durch den Druck des von oben zuströmenden Dampfes herab. In der

Minute erfolgen etwa 120 Schläge, dabei ist aber noch die Einrichtung getroffen, dafs bei jedem Schlage die Kolbenstange und mit ihr der Bohrer um 24 Grade gedreht wird, um dem Bohrloch die cylindrische Form zu geben. Der Dampf wird mittelst einer Charnierröhre zugeleitet, da der ganze Apparat mit der zunehmenden Tiefe des Bohrlochs gesenkt werden mufs.

Die Bohrer sind 3 Zoll breit. In der Minute werden 2 bis 2½ Zoll gebohrt. Der Maschinist, der die Steurung ausführt, greift, so oft der Bohrer nicht mehr scharf aufschlägt, in das oben erwähnte Spillrad, und dreht es um einen Quadranten, worauf der Bohrer ½ Zoll tiefer schlägt. In 10 bis 15 Minuten hat sich in dieser Weise der Apparat um 25 bis 30 Zoll gesenkt. Da die Niveau-Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Aufstellung aber nur 40 Zoll beträgt, so wird nunmehr der Apparat aufgehoben, und der bisher benutzte kürzere Bohrer, der inzwischen auch stumpf geschlagen ist, durch einen um 2 Fufs längern ersetzt. Die Auswechselung nimmt wieder 10 bis 15 Minuten in Anspruch, und diese Zwischenzeit genügt, dafs der Maschinist neue Kräfte sammeln, und die Arbeit demnächst in gleicher Weise wieder fortsetzen kann. An einem Tage werden 8 bis 10 dreizöllige Bohrlöcher von 50 bis 70 Zoll Tiefe gebohrt. Der laufende Zoll kostet mit Rücksicht auf den Betrieb und die Unterhaltung der Maschine mit Einschlufs aller Neben-Ausgaben nur 3 Silbergroschen.

Die Schüsse von 2 bis 5 Pfund Pulver werden in Blechbüchsen eingebracht. Die Zündschnüre aus der Fabrik von Guillome und Velten in Cöln zündeten sehr sicher in jeder Tiefe die gebohrt wurde, doch wurde jedesmal vor dem Anbrennen derselben der Apparat abgefahren, und von einem kleinen Nachen aus zündete man gleichzeitig mehrere Schnüre an, worauf man den Nachen herabtreiben liefs.

Die Bohrlöcher reichten im Allgemeinen etwa 2 Fufs unter die freizulegende Sohle herab, und ihre Entfernung von einander betrug 3 bis 4 ſs, oder man rechnete durchschnittlich auf 12 Quadratfufs Oberfläche einen Schufs. Dabei wurde jedesmal eine Masse von 25 bis 50 Cubikfufs Gestein gelöst, und wenn diese mittelst des Taucherschachtes, von dem im Folgenden die Rede sein wird, aufgewuchtet, gehoben und fortgebracht war, so kostete der Cubikfufs mit Inbegriff des Bohrens und Sprengens nach der erwähnten

Mittheilung nicht mehr als 15 Silbergroschen. Bei gröfserer Uebung stellte sich aber der Preis später noch viel geringer heraus. Derselbe betrug mit allen Nebenkosten

im Jahr	1867	18	Sgr.	2	Pf.	26 869 Cubikfufs,
	1868	10	-	—	-	62 209 „
	1869	8	-	3	-	63 847 „
	1870	7	-	—	-	83 225 „

Die letzten Zahlen bezeichnen die in jedem Jahr gesprengten und ausgehobenen Steinmassen, doch mufs bemerkt werden, dafs in diese Berechnung auch diejenigen Kosten mit aufgenommen sind, welche zwei oder eine Handbohrmaschine verursachten, woher das Resultat noch günstiger ausgefallen wäre, wenn man allein die Sprengungen mit der Dampfbohrmaschine berücksichtigt hätte. Bei Benutzung derselben kostete im Jahre 1871 der laufende Zoll des Bohrlochs nur 2 Sgr. 7 Pf.

Es mögen noch die Sprengungs-Arbeiten im Severn erwähnt werden, die wegen der eigenthümlichen, dabei zur Anwendung gekommnen Methoden wichtig sind.

Im Jahr 1842 wurde beschlossen, den Severn in der 9 deutsche Meilen langen Strecke zwischen Stourport und Gloucester schiffbar zu machen. Die Tiefe betrug hier während der Sommermonate stellenweise nur 2 Fufs, und man wollte bei allen Wasserständen die Tiefe von 6 Fufs darstellen. Oberhalb Worcester sollte dieses durch Anstauung des Wassers und durch Schleusen-Anlagen, zum Theil auch durch Einschränkung des Stroms mittelst Parallelwerken erreicht werden, in der mehr als 6 Meilen langen Strecke von Worcester bis Gloucester waren indessen, wenn man den Strom auch einschränkte, noch ausgedehnte Vertiefungen um 3 bis 5 Fufs nothwendig. Soweit die Bänke aus Kies oder Granit-, Porphyr- und Sandstein-Geschieben bestanden, liefsen sie sich durch Baggern beseitigen. Andre Bänke bestanden aber aus zusammenhängendem Mergelboden, zur Formation des rothen Sandsteins gehörig. Dieses war überall der Fall, wo das Flufsbett auf der einen oder der andern Seite des Thals an den höhern Uferrand trat. Gemeinhin lag der Mergel in Schichten, die selten über 15 Zoll hoch waren, und oft durch grauen Mergel, auch wohl durch sehr harten Lias getrennt wurden. Er war an vielen Stellen so hart, dafs man aus freier Hand von einem Boote aus darin kein Bohrloch darstellen

konnte. Nichts desto weniger zerfiel er an der Luft in feine Brocken.

Als man die Bagger-Maschine auf diesen Mergel-Bänken versuchte, so zeigte sich, dafs es unmöglich sei, mehr als 4½ bis 5½ Schachtruthen täglich zu heben, und dabei war die Maschine in beständiger Gefahr, und wurde auch vielfach beschädigt. Dieser Fortgang der Arbeit war unvereinbar mit der nothwendigen Beschleunigung, wenn das Unternehmen zur festgesetzten Zeit beendigt werden sollte. Eben so erfolglos ergaben sich die Versuche, den Felsboden durch eingerammte eiserne Pfähle, oder mit Benutzung eines starken Pfluges zu zerklüften, doch gelang dieses sehr befriedigend, wenn Sprengungen mit Schiefspulver vorgenommen wurden. Man entschlofs sich also zu diesem letzten Verfahren, worauf die gelösten Stücke durch Baggern entfernt werden sollten. Im Januar 1845 waren die hierzu erforderlichen Einrichtungen getroffen, und es gelang in der That täglich 18 bis 27 Schachtruthen gelösten Mergel auszuheben.

Die Wirkung des Sprengens wäre am gröfsten gewesen, wenn man an der stromabwärts gekehrten Seite jeder Bank eine Reihe von Schüssen angezündet und alsdann sogleich die abgebrochnen Steine beseitigt hätte. Dieses liefs sich aber nicht thun, weil in diesem Fall die Bagger-Maschine und die Spreng-Apparate wegen des vielfachen Verlegens nicht in ununterbrochner Thätigkeit zu erhalten gewesen wären. Aufserdem durfte auch die bestehende kleine Schiffahrt auf dem Severn nicht gehindert werden. Man mufste sonach ein solches Verfahren wählen, welches die möglichste Beschleunigung der Arbeit erlaubte, und dieses bestand darin, dafs die Schüsse reihenweise nach der Länge des zu vertiefenden Canals, und zwar durch die ganze Ausdehnung jeder Felsbank in Abständen von 6 Fufs angebracht wurden.

Die Rüstung bestand in sechs Flössen, deren jedes aus vier Balken von 40 Fufs Länge zusammengesetzt war, wie Figur 233. auf Taf.XXVIII. zeigt. An jeder Seite eines Flosses lagen zwei Balken dicht neben einander, und die beiden innern liefsen zwischen sich einen Raum von 4 Fufs Breite frei. In Abständen von 6 Fufs waren Querschwellen übergenagelt und auf diesen lag der Rüstboden, der aus dreizölligen Bohlen bestand. Der mittlere Theil des Flosses blieb auf 12 Zoll Breite offen, so dafs sich hier ein hinrei-

chend weiter Spalt bildete, worin die Arbeit bequem vorgenommen werden konnte.

Die Flösse waren an beiden Seiten mit starken Ringbolzen versehn, wodurch die an das eine Ufer befestigten Fangleinen gezogen waren, während in gewissen Abständen Bäume die Flösse in der passenden Entfernung vom Ufer hielten. An dem stromaufwärts gekehrten Ende des obersten Flosses lag ein grofses Boot vor Anker, worin sich eine Feldschmiede zur Instandsetzung der Werkzeuge befand. Ein starker Schwimmbaum war weiter aufwärts am Ufer befestigt und lehnte sich schräg gegen dieses Boot, um die Flösse vor den stromabwärts kommenden Fahrzeugen zu schützen. Unterhalb des letzten Flosses lag ein andres Boot, welches als Pulvermagazin eingerichtet war.

Die Arbeit wurde mit dem Einstellen und Befestigen der gezognen Röhren, in welchen gebohrt werden sollte, begonnen. Sie hielten gewöhnlich $3\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser, und nur wenn man mehr als 3 Pfund Pulver für den einzelnen Schufs gebrauchte, benutzte man vierzöllige Röhren. Ihre Länge betrug 9 Fufs und ihre Wandstärke $2\frac{1}{4}$ Linien. Zwei Halsbänder von $\frac{1}{2}$ Quadratzoll Querschnitt waren auf die obern Enden geschoben, und hieran befestigte man eine Leine, wodurch sie bei der Explosion gehalten wurden. War die Wassertiefe aber gröfser, so konnte man die Röhre auch verlängern, indem ein Ansatzstück mit einer 6 Zoll langen Muffe darüber geschoben wurde.

Sobald eine Bohrröhre aufgestellt war, trieb man sie durch den Kies, der auf dem Mergel lag, einige Zoll tief in den letzten hinein. Gemeinhin war der Kies so hoch abgelagert, dafs man ihn zuerst durch Baggern entfernen mufste. Um aber den dünnen Rand der Röhre vor Beschädigungen zu sichern, setzte man eine gufseiserne Hülse auf, und liefs auf diese die Handramme wirken. Demnächst wurde die Röhre von dem Sande und Kiese gereinigt, der beim Eintreiben hineingedrungen war. Zu diesem Zweck diente vorzugsweise der gewöhnliche Löffel, der im ersten Theile dieses Handbuches §. 11. beschrieben ist. Er bestand aus einer cylindrischen Röhre von 2 Fufs Länge, und solchem Durchmesser, dafs er nur eben in die Blechröhre hineinpafste. Unten war er mit einem nach oben aufschlagenden Ventil versehn, und oben an eine Eisenstange von einem halben Zoll Durchmesser geniethet.

Bei jedem Bohrer waren drei Mann beschäftigt. Die Bohrer hatten einfache Stahlschneiden von etwas convexer Form, und waren 1½ Zoll breit, der Stiel, der gemeinhin 15 Fuſs lang war, hielt 1⅛ Zoll im Durchmesser. Das Gewicht eines solchen Bohrers betrug 52 Pfund. Man arbeitete damit so lange, bis die fernere Bewegung durch den Bohrschlamm auffallend erschwert wurde. Alsdann setzte man einen gewöhnlichen Erdbohrer von 20 Zoll Länge in das Bohrloch, und zog damit die feine Steinmasse heraus.

Die Bohrlöcher reichten zwei Fuſs unter die beabsichtigte Sohle des Fahrwassers herab. Diese gröſsere Tiefe war deshalb gewählt, weil jeder Schuſs das Gestein in einem conischem Raume, und zwar, wie man meinte, von paraboloïder Form zerbricht und etwas hebt, und sonach zwischen vier Bohrlöchern eine Pyramide übrig bleibt, auf welche das Pulver keine, oder doch nur eine geringe Wirkung ausübt. Diese Pyramiden ragten mit ihren Scheiteln noch etwas über die darzustellende Sohle vor, lieſsen sich aber leicht durch die Baggermaschine beseitigen. Ein zweiter Grund für diese gröſsere Tiefe war, daſs man besorgte, der niedrige Sommer-Wasserstand möchte sich, nachdem die Untiefen entfernt wären, noch tiefer senken, und man wünschte, daſs der Mergel alsdann schon hinreichend gebrochen wäre, um ihn erforderlichen Falls mit der Baggermaschine noch tiefer ausheben zu können.

Die Patronen bestanden aus cylindrischen Säcken von Segeltuch, und waren unten etwas zugespitzt. Sie wurden nach Maaſsgabe der Höhe des Mergels mit 2 bis 4 Pfund Pulver gefüllt, nämlich wenn die Bank 4 Fuſs tief weggesprengt werden sollte, waren 2 Pfund und bei 5 Fuſs 4 Pfund Pulver erforderlich. In die Mitte des Pulvers wurde alsdann das Ende eines Ringes von Bickford's Patent-Zündfaden gesteckt, der Rand des Sackes sorgfältig darüber gezogen und festgebunden. War die Patrone nur klein, so tauchte man sie in geschmolznen Pech, der zum vierten Theil mit Talg versetzt war, sonst aber goſs man dieselbe Mischung mit Löffeln darüber, bis sie den ganzen Sack gleichmäſsig überdeckte. War dieses geschehn, so hing man die Patrone zum Erkalten und Erhärten auf. Darauf wurde sie mit Talg eingerieben, und zuletzt mit feiner Kreide bestreut Der Talg diente theils zum sichern Ausfüllen der feinen Risse im Pech, theils aber erleichterte er auch

das Eindringen der Patrone in das Bohrloch, die Kreide dagegen verhinderte das Ankleben des Pechs.

Die Patronen wurden mit hölzernen Ladestöcken von passender Dicke und unten abgerundet, vorsichtig in die Bohrlöcher geschoben. Dieselben Ladestöcke dienten auch zum Feststampfen des Besatzes. Das Material, welches sich am besten hierzu eignete, waren die kleinen Stückchen des harten Mergels, die sich durch die Einwirkung der Luft von den höhern Ufern zur Seite der Bänke gelöst hatten. Man schüttete sie in kleinen Quantitäten in die Bohrlöcher und stampfte sie an, bis die Bohrlöcher gefüllt waren.

Alsdann wurden die hölzernen Klammern gelöst, womit die Bohrröhren, die man nunmehr bis über den Mergel auszog, am Floss befestigt waren. Gemeinhin gab sich die Explosion durch keine auffallende Bewegung zu erkennen, nur die Röhren wurden einige Zoll hoch gehoben, doch sprangen sie zuweilen auch mehrere Fuss in die Höhe, und in einzelnen Fällen spritzte das in denselben befindliche Wasser 40 bis 50 Fuss hoch auf.

Alle Mannschaften fingen immer gleichzeitig das Bohren an und wurden auch gemeinhin gleichzeitig damit fertig, so dafs alle Schüsse auf einmal angezündet werden konnten. Auf diese Art wurden Unterbrechungen der Arbeit möglichst vermieden. Sehr selten geschah es, dafs Schüsse versagten. Die Veranlassung dazu lag alsdann gemeinhin darin, dafs die Verbindung zwischen der Patrone und dem Zündfaden undicht geworden war. War das Wasser nicht tief eingedrungen, so konnte man häufig durch das folgende eigenthümliche Mittel den Schufs noch entzünden. Man hielt nämlich eine Eisenstange von $\frac{1}{8}$ Zoll Stärke und angemessener Länge, die an einem Ende etwas zugespitzt war, in Bereitschaft und sobald ein Schufs versagte, während der Zündfaden verbrannt war, so wurde diese Stange am Ende rothglühend gemacht, schnell durch das Wasser auf den Besatz gestofsen und mit einem starken Schlag hindurchgetrieben. Beim Eindringen in das Pulver war sie noch so heifs, dafs sie dieses entzündete. Unter zehn Fällen gelang es wohl neunmal, auf diese Weise noch den Schufs zur Explosion zu bringen.

Da die eigentliche Wirkung des Schiefsens sich nicht unmittelbar zu erkennen gab, so wurde der Grund neben dem Bohr-

loche mit einem meisselförmig zugeschärften und gut verstählten Visitir-Eisen untersucht, und besonders geprüft, ob die Wirkung bis zu der erforderlichen Tiefe eingetreten ist.

Damit die Arbeiter sich nicht gegenseitig behinderten, wurde zuerst ein Loch um das andre gebohrt und alsdann wurden die zwischenliegenden nachgeholt. Sobald aber alle Schüsse einer Reihe geglückt waren, so schob man die sämmtlichen Flösse 6 Fuss weiter in den Strom hinein, stellte hier wieder die Reihe von Bohrlöchern dar, und so fort, bis zum gegenüberliegenden Rande des Fahrwassers. Alsdann liefs man die ganze Rüstung um die Länge der Flösse stromab treiben und begann hier aufs Neue die Arbeit. Sobald die Leute eingeübt waren, bohrte jede Mannschaft bis vier Löcher an einem Tage und man konnte mit funfzehn Mannschaften täglich bis sechzig Schüsse abfeuern.

Der Ingenieur George Edwards, der diese Arbeiten ausführte und in dem Institute of civil engineers darüber Vortrag hielt,*) besorgt, man werde vielleicht die Anwendung der Patent-Zündfäden tadeln und meinen, dafs die gleichzeitige Entzündung einer grofsen Anzahl Schüsse mittelst der galvanischen Batterie einen gröfsern Effect, und sonach mindere Kosten verursacht haben würde. Er sagt, dass er nicht dieser Ansicht sei. Wenn man in einem Steinbruche einen grofsen Block, ohne ihn zu zerbrechen, vom Lager lösen wolle, so sei die gleichzeitige Explosion vieler Schüsse überaus wirksam, im vorliegenden Falle sei es aber im Gegentheil Bedingung gewesen, die Masse in recht viele Stücke zu zerbrechen, und dies werde, wie er glaube, vollständiger durch aufeinaderfolgende Explosionen, als durch gleichzeitige erreicht. Er fügt hinzu, dafs auch in Bezug auf die Kosten der Patent-Zündfaden vor der galvanischen Batterie den Vorzug verdiene.

Ueber 4000 Schüsse waren bereits erfolgt und in den nächsten Monaten sollten noch 6000 folgen.

Die Kosten des einzelnen Schusses betrugen:

---

*) Civil engineer and architects journal 1846. Vol. IX. pag. 369.

Einrichtung und Unterhaltung des Apparates	10	Sgr.	—	Pf.
Arbeitslohn durchschnittlich	32	„	1	„
Die leinene Patrone	2	„	6	„
3 Pfund Pulver zu 5½ Pence	12	„	5	„
15 Fuss Zündfaden	7	„	6	„
Pech, Talg, Schnur, Kohlen u. dgl.	3	„	6	„
also im Ganzen	2 Thlr.	8	Sgr. —	Pf.

Durchschnittlich wurden dabei 4 Cubik-Yard oder 99 Cubikfuss Rheinländisch gelöst, woher jeder Cubikfuss nahe 8 Pfennige kostete.

Bickford's Patènt-Zündfaden besteht in einem sehr feinen cylindrisch gewebten und mit Pech überzogenen Schlauch aus Hanf. Derselbe ist so dünn, dafs das darin enthaltene Pulver nur einen feinen Faden bildet, und sonach nicht sowohl explodirt, als vielmehr nur nach und nach abbrennt. Pasley erwähnt, dass beim Sprengen in der Tiefe von 8 Faden (48 Fuss) unter Wasser nahe eine halbe Stunde vergeht, bevor der Schuss entzündet wird. Wenn dieser Umstand auch insofern sehr günstig erscheint, als der Arbeiter, der den Zündfaden anbrennt, sich mit voller Sicherheit jedesmal hinreichend weit entfernen kann, bevor die Explosion eintritt, so kann andrerseits eben wegen dieses langen Aufenthaltes, namentlich bei lebhaftem Schiffsverkehr, hierdurch Gefahr herbeigeführt werden. Dazu kommt noch, dafs man das Aufsteigen der Luftbläschen nur Anfangs deutlich wahrnimmt, dieses aber beinahe ganz aufhört, wenigstens aus der Ferne nicht mehr gesehn werden kann, sobald der Faden schon weit abgebrannt ist. Wenn sonach das Feuer zufällig erlöscht, so bemerkt man dieses nicht, und man mufs wegen der Möglichkeit einer spätern Explosion noch lange Zeit hindurch jede Annäherung vermeiden. Beim Feststampfen des Besatzes in dem Bohrloche wird die Beschädigung des Zündfadens dadurch verhindert, dafs er eine compacte Masse von hinreichender Widerstandsfähigkeit bildet, zugleich aber anch so weich ist, dafs die scharfen Kanten der Steinstücke wohl Eindrücke darin hervorbringen, jedoch ihn weder zerreifsen noch seine Oberfläche durchlöchern können.*)

*) Civil engineer and architects journal. Vol. I. Seite 258.

Bei den am Rhein benutzten Zündfäden aus der Fabrik von Guillome u. Velten in Cöln hält die innere Höhlung, worin der Zündstoff sich befindet, 1 Linie im Durchmesser. Die sie umgebende Wand besteht aus zehn starken Hanffäden, die, ohne sich zu berühren, spiralförmig gelegt und durch eine pechartige Masse verbunden sind. Eine Guttapercha-Decke von $\frac{1}{2}$ Linie Dicke umgiebt das Ganze. Der Faden ist $2\frac{1}{4}$ Linien stark. Wird derselbe angezündet, so dringt der Feuerstrahl Anfangs durch die Endfläche und später durch Oeffnungen, die sich seitwärts bilden, mit solcher Gewalt heraus, dafs er den Zutritt des Wassers verhindert.

Im Allgemeinen ist über die Wirkung der Explosionen beim Felsensprengen noch zu erwähnen, dafs gemeinhin durch einen einzelnen Schufs aus derbem Gestein ein kegelförmiges Stück ausgebrochen und zugleich vielfach zerrissen wird. Die Höhe dieses Kegels ist dem Abstande des Schusses von der Oberfläche gleich und seine Basis hat ungefähr jene Höhe zum Radius. Es kann indessen geschehn, dafs der Schufs einer Seitenfläche des Felsens näher liegt, als der obern Fläche. Alsdann erfolgt die Explosion mehr nach dieser Seite, denn die Wirkung äufsert sich jedesmal in derjenigen Richtung, wo der Abstand des Schusses von der äufsern Fläche am kleinsten ist. Die erforderliche Pulvermenge ist ohne Zweifel von diesem Abstande abhängig, es fragt sich aber, ob sie der zweiten oder dritten Potenz desselben proportional sei. Käme nur die Trennung des kegelförmigen Körpers von der übrigen Masse in Betracht, so würde die nöthige Kraft der zweiten Potenz entsprechen, dagegen läfst die vollständige Zertrümmerung des gelösten Kegels und dessen Hebung oder Bewegung auf eine Kraft schliefsen, die der dritten Potenz dieses Abstandes proportional ist. Die Beobachtungen, die Bald in einem Steinbruch in Irland anstellte,*) ergaben in der That, dafs die Pulvermenge der dritten Potenz der Entfernung des Schusses von der nächsten Oberfläche des Steins proportional angenommen werden mufs, wenn man des Erfolges gewifs sein und dennoch mit der geringsten Pulvermenge die Sprengung ausführen will. Es erklärt sich hieraus eine Thatsache, die man mehrmals bestätigt gefunden hat, dafs nämlich bei tiefern oder minder tiefen Bohrlöchern der

*) Civil engineer and architects journal. Vol. III. Seite 165.

ganze Bedarf an Pulver derselbe bleibt, und der gelösten Steinmasse proportional ist. Zum Sprengen einer gewissen Masse ist daher dieselbe Quantität Pulver erforderlich, mag man die Schüsse sogleich bis zur vollen Tiefe einsetzen oder zuerst die obre und dann die untre Hälfte des zu lösenden Gesteins absprengen. Für jeden einzelnen Schufs braucht man aber im ersten Falle achtmal so viel Pulver als im letzten.

Hiernach entsteht die Frage, ob es in sonstiger Beziehung vortheilhafter ist, bei dem Sprengen einer hohen Felsbank nach und nach dünne Lagen zu lösen, oder dieselbe auf einmal in der ganzen erforderlichen Tiefe anzugreifen. Im ersten Fall mufs man mehr Bohrlöcher darstellen, im zweiten müssen sie einen grössern Durchmesser erhalten. Das Letzte dürfte namentlich bei Arbeiten unter Wasser leichter sein, da alle Vorbereitungen zum Bohren, so wie das Einbringen des Schusses und Besatzes für weitere und engere Bohrlöcher gleich mühsam sind, und mit gleicher Sorgfalt ausgeführt werden müssen. Dazu kommt aber noch, dafs die Höhe jenes abbrechenden Kegels keineswegs der Tiefe des Bohrlochs, sondern nur dem Abstande der oberen Basis der Pulverbüchse von der Oberfläche der Felsbank gleich ist. Jedes einzelne Bohrloch mufs sonach, mag es mehr oder minder tief ausgeführt werden, aufser jenem Verhältniss noch um die Höhe der Pulverbüchse verlängert werden. Hieraus ergiebt sich, dafs man Sprengungs-Arbeiten unter Wasser am leichtesten und wohlfeilsten ausführt, wenn man die Felsbank mit einem Mal in der ganzen erforderlichen Tiefe angreift.

Nach den wenigen bekannt gewordenen Erfahrungen über die erforderlichen Pulvermengen wird man, wenn Arbeiten dieser Art vorgenommen werden sollen, nicht erwarten dürfen, für jede Art des zu sprengenden Gesteins sogleich das richtige Maafs zu treffen, und man mufs daher beim Beginn ausgedehnter Sprengungen den Bedarf an Pulver durch besondre Versuche feststellen. Dabei ist nicht unbeachtet zu lassen, dafs auffallende Neben-Effecte, wie besonders starkes Aufspritzen des Wassers, weites Umherschleudern der gelösten Steinmassen u. dergl. den Beweis liefern, dafs die Pulvermenge für die Tiefe des Bohrlochs zu grofs gewählt ist.

Der Besatz wird bei den meisten Sprengungs-Arbeiten, sowohl über als unter Wasser aus Thon gebildet, der gemeinhin mit

Kies oder Ziegelstückchen versetzt ist, oder er besteht auch wohl aus feinen und scharfen Stücken eines weichen Gesteins. Man stampft diese Körper mit einem Ladestock in das Bohrloch ein, damit sie nicht sogleich herausfliegen, sondern durch die Reibung hinreichend festgehalten werden. Dieses Feststampfen ist aber theils mühsam und theils gefährlich, namentlich kann der Zündfaden, wenn er schon früher eingesetzt ist, leicht beschädigt werden. Man hat vielfach versucht, einen solchen festen Besatz durch eine Schüttung von trocknem Sande zu ersetzen, und es leidet keinen Zweifel, dafs dieselbe bei Arbeiten über Wasser brauchbar ist, wenn allerdings auch gröfsere Pulvermengen hierbei erforderlich werden. Bei der Schiffbarmachung des Jumna, eines Nebenflusses des Ganges, wurde Behufs der Beschleunigung der Arbeit die Sandschüttung auch bei Sprengungen unter Wasser angewendet. Es kam nämlich nur darauf an, die kurze Dauer des niedrigen Wasserstandes möglichst vortheilhaft zu benutzen, und alle Arbeiten zu vermeiden, die besondere Geschicklichkeit oder Uebung und Vorsicht erfordern. Arbeiter zum Bohren waren reichlich vorhanden, woher die etwas gröfsere Weite und Tiefe jedes Bohrlochs nicht in Betracht kam, auch der Mehrbedarf an Pulver durfte nicht beachtet werden. Unter diesen Umständen entschlofs man sich zur Wahl des Sandbesatzes, und zwar enthielt die Patrone selbst, die zum dritten Theil mit Pulver angefüllt war, schon den feinen trocknen Sand. Sie war 2½ Fufs lang, 2 Zoll dick und dadurch wasserdicht gemacht, dafs man sie reichlich mit Fett eingerieben hatte. Diese Vorsicht genügte auch, da jedesmal unmittelbar nach dem Einsetzen der Patrone der Zündfaden angebrannt wurde und sonach keine starke Benetzung eintreten konnte. Es dürfte indessen zweifelhaft erscheinen, ob der Sandbesatz wirklich den nöthigen Widerstand leistete, und diese Besorgnifs bestätigte sich dadurch, dafs man auch in Delhi in demselben Gestein bedeutende Sprengungen vorgenommen hatte, die jedoch im Trocknen ausgeführt wurden, und wobei man den gewöhnlichen Lehmbesatz anwendete. Eine Vergleichung beider Arbeiten ergab, dafs der Besatz aus Sand durchschnittlich dreimal so viel Pulver erforderte, als der letzte.*)

*) Civil engineer and architects journal. Vol. I. Seite 292.

Schliefslich erwähne ich noch, dafs das Volum des Gases, welches sich beim Entzünden des Pulvers entwickelt, nachdem es abgekühlt ist, 244mal, und in der ursprünglichen Temperatur sogar 1000mal so grofs ist, als das des Pulvers. Wenn man also annehmen dürfte, dafs der Pfropf oder der Besatz während der ganzen Dauer der Explosion nicht nachgäbe (was indessen wohl niemals geschieht), so würden die Seitenwände des Pulverraums einen Druck von tausend Atmosphären erleiden.

Die Entzündung der Schüsse unter Wasser geschah früher in England gewöhnlich in der Weise, dafs man auf die Blechbüchse, die den Schufs enthielt, eine Zündröhre löthete, die bis über Wasser reichte, aber weder mit losem Pulver gefüllt war, noch auch einen Zündfaden enthielt, sondern leer blieb. Durch diese Röhre liefs man ein Stückchen glühendes Eisen auf das Pulver herabfallen, wodurch sogleich die Explosion bewirkt wurde. Diese Methode war besonders bei Anwendung der Taucherglocke sehr bequem. Das Bohren in dem Felsen, sowie das Einsetzen des Schusses und das Aufbringen des Besatzes erfolgte alsdann in gleicher Weise und fast ebenso leicht, als an freier Luft. Die Zündröhre, aus Weifsblech bestehend, ragte aus dem Bohrloche heraus und ihre Mündung stand frei in der Taucherglocke. Während die Taucherglocke gehoben wurde, schrob man ein Ansatzstück an die Röhre, und dieses wiederholte sich so oft, bis endlich die Röhre über die Oberfläche des Wassers trat. Nachdem die Glocke beseitigt war, fuhr man mit einem Boote an die Mündung der Röhre, befestigte eine schwache Leine daran, um sie bei andern Schüssen wieder benutzen zu können, und warf das glühende Eisenstückchen hinein. Die Explosion war über dem Wasser, wenn dessen Tiefe 12 Fufs oder mehr betrug, kaum zu bemerken. Die Röhre brach aber jedesmal dicht über dem Bohrloch ab, und wurde etwas gehoben, ohne jedoch im übrigen Theile ihrer Länge beschädigt zu werden. Man konnte daher alle Ansatzstücke und selbst das untere Schraubengewinde bei fernern Sprengungs-Arbeiten wieder benutzen.

In neuerer Zeit hat man auch bei Felsen-Sprengungen unter Wasser die Schüsse mehrfach durch galvanische Batterien entzündet. Der electrische Strom wird nämlich durch die Pulvermasse in der Patrone hindurchgeführt, hier aber ersetzt ein feiner Platin- oder Stahldraht den umsponnenen Kupferdraht. Indem er beim Durch-

gange des Stroms erglüht, so entzündet er das ihn berührende Pulver. Die nähere Beschreibung der dabei zu treffenden Anordnungen würde zu weit führen,*) hier mag aber nur die Frage erörtert werden, ob diese Methode oder die Benutzung von Zündfäden vorzuziehn sei.

Jedenfalls wird durch den galvanischen Strom Gelegenheit geboten, mehrere und sogar eine ganze Reihe von Schüssen gleichzeitig zur Explosion zu bringen und dadurch Effecte zu erzielen, die ohne Zweifel in gewisser Beziehung gröfser sind, als wenn die Schüsse einzeln abgebrannt würden. Man darf zu diesem Zweck nur die Drähte, welche in die einzelnen Patronen geführt sind, mit einander verbinden, so dafs der electrische Strom sie sämmtlich durchläuft. Ob indessen hierdurch eine vollständige Zerklüftung des Gesteins erreicht wird, worauf es im vorliegenden Fall allein ankommt, ist, soviel bekannt, bisher durch die Erfahrung noch nicht erwiesen, und die oben mitgetheilte Ansicht des Ingenieur Edwards, dafs bei der gleichzeitigen Explosion sich gröfsere Blöcke lösen, erscheint nicht unbegründet. Dagegen kann bei Anwendung galvanischer Batterien die Leitung so weit geführt werden, dafs die Explosion aus sehr grofser Entfernung veranlafst werden kann, was jedoch nicht von erheblichem Nutzen ist.

In manchen Fällen und namentlich, wo starker Fluthwechsel stattfindet und periodisch heftige Strömungen eintreten, läfst sich das Bohren der Löher zur Aufnahme der Schüsse nicht ausführen, und alsdann bleibt nur übrig, die Pulver-Gefäfse flach auf den zu beseitigenden Stein zu legen und sie hier explodiren zu lassen. Die Wirkung ist dabei wesentlich geringer, als wenn die ganze Kraft rings umher gegen den Stein gerichtet wäre, aber dennoch zeigt sie sich noch recht bedeutend, wenn ein hoher Wasserstand das Pulver überdeckt, woher auch Versuche dieser Art sich erfolgreich erwiesen haben.

Bei Hell-Gate, in der Stromenge, welche den östlichen Ausfluss des Hudson mit dem Sunde von Long-Island ohnfern New-York verbindet, lag ein Fels, der Pot-Rock genannt, der sehr steil aus

*) In zwei Aufsätzen im ersten Bande des Notizblattes des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Vereins 1851—1852 Seite 38 und 163 ist dieser Gegenstand ausführlich behandelt.

dem Grunde aufstieg, und nach Ablauf der Ebbe nur 8 Fuſs Wasser über sich hatte. Seine Oberfläche beschränkte sich auf 6 Quadratfuſs, während ringsumher die Tiefe 14 Fuſs und in geringer Entfernung sogar 20 Fuſs betrug. Der Felsen bestand aus festem Gneifs. Derselbe wurde in der angegebenen Art vollständig beseitigt und dabei etwa 30000 Cubikfuſs Steine gesprengt. Flache Gefäſse von Weifsblech, die 125 Pfund Pulver enthielten, versenkte man bei niedrigem Wasser auf den Felsen, und wenn durch den electrischen Strom ihre Explosion erfolgte, so brachen durchschnittlich jedesmal 180 Cubikfuſs Steine ab.*)

In gleicher Weise wurde 1859 und in den folgenden Jahren auch die Mergelbank beseitigt, die bisher den Eingang zum Hafen Fécamp beinahe vollständig gesperrt hatte, und sich bis auf 6 Fuſs unter Niedrig-Wasser erhob. Der Versuch, sie anzubohren und Patronen in die Bohrlöcher zu stellen, muſste aufgegeben werden, da die Zeit des Niedrig-Wassers zu kurz war und bei höherem Wasser die Schiffahrt nicht behindert werden durfte. Man wählte also wieder das angegebene Verfahren und fand, daſs der Effect sich am vortheilhaftesten herausstellte, wenn man 100 Pfund Pulver explodiren lieſs. Der Behälter, worin diese sich befanden, wurde bei niedrigem Wasser auf die Bank, und zwar ohnfern des seewärts gekehrten Randes derselben versenkt, und die Leitungs-Drähte nach dem nächsten Ufer geführt. Nunmehr wartete man aber den Eintritt des Hochwassers ab, weil die Wirkung immer um so stärker war, je höher das Wasser darüber stand, dennoch flogen die gelösten Stücke bis 100 Fuſs weit umher. Durchschnittlich löste jedes Pfund Pulver 5 Cubikfuſs Gestein. Dabei muſs bemerkt werden, daſs dieser Mergel, wenn er auch an der Luft zerfällt, doch unter Wasser eine zusammenhängende recht harte Steinmasse bildet. Die kleinen gelösten Stücke wurden vom Strom fortgeführt, die gröſsern hob man mit Steinzangen, auch wohl mit Ketten, welche von Tauchern darum geschlungen wurden.**)

Die früher (§ 51) angegebenen Methoden zum Beseitigen gesunkener Schiffe erweisen sich zuweilen als erfolglos, namentlich, wenn die Schiffe sehr groſs, wenn sie in tiefem Wasser ge-

---

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1854, Notizblatt Seite 122.

**) Annales des ponts et chaussées 1862 I. pag. 8.

sunken und stark versandet sind. Es bleibt alsdann nur übrig, die über den Grund vortretenden Theile durch Sprengen zu lösen. Das grofsartigste Beispiel einer solchen Räumung des Ankergrundes bietet die Sprengung des Linienschiffes Royal George von 90 Kanonen, das 1782 auf der Rheede von Portsmouth oder auf Spithead gesunken war. Nachdem die Masten abgebrochen waren, lag es freilich so tief, dafs selbst die gröfsten Schiffe es nie berühren konnten, aber es fafste dennoch die Ketten der in Nähe ausgebrachten Anker, und in dieser Beziehung war das Wrack höchst gefährlich. Der Versuch, es durch ein andres Schiff zu heben, mifsglückte vollständig. Durch Taucher waren an das Wrack schwere Ketten angeschlagen, die bei Niedrig-Wasser an dem schwimmenden Schiff sicher befestigt wurden. Der Widerstand war aber so grofs, dafs das letztere diesen nicht überwinden konnte. Es tauchte daher bei steigender Fluth immer tiefer ein und versank gleichfalls, nachdem es Wasser geschöpft hatte.

Bei der grofsen Wichtigkeit dieser Rheede vor dem Haupt-Kriegshafen Englands wurden 1834 die Versuche zur Fortschaffung der beiden Wracke wieder begonnen, und zwar einige Jahre hindurch mit Benutzung der inzwischen sehr verbesserten Taucher-Apparate. Die Arbeiten bezogen sich darauf, dafs einzelne Theile unter Wasser gelöst und alsdann gehoben werden sollten, die Erfolge blieben indessen so geringfügig, dafs man 1839 ein andres Verfahren, nämlich Sprengung durch Pulver wählte. Die Leitung dieser Arbeiten wurde dem Oberst Pasley übertragen, der auf solche Art bereits einige vor der Mündung der Themse gesunkene Fahrzeuge vollständig beseitigt hatte.

Die Wracke lagen 84 Fufs unter Niedrig-Wasser. Die ersten Sprengungen mit 45 und darauf mit 180 Pfund Pulver hatten wenig Erfolg. Hierauf wurde ein Blech-Cylinder, der 2326 Pfund Pulver hielt, im Innern des Schiffes herabgelassen. Zu diesem Zweck hatten vorher Taucher in die Schiffswand einen Bolzen eingeschroben und hieran einen Block mit eingeschornem Tau befestigt. An letzterem zog man den Cylinder herab. Als man diese Masse mittelst der galvanischen Batterie von dem 500 Fufs entfernten Fahrzeuge aus entzündete, erzitterten zunächst die in der Nähe liegenden Schiffe wie bei einem starken Erdbeben, aber erst 3 bis 4 Secunden später erhob sich das Wasser in compacter Masse in

der Form eines Doms, das 30 Fuſs anstieg, und bei seinem Aufbrechen der Rauchwolke den Ausgang öffnete. Der Erfolg war sehr günstig, die Verbindung des Schiffes war wesentlich gelockert und eine Masse Holz konnte leicht gelöst und gehoben werden.

Bei der nächsten 1840 ausgeführten Sprengung lieſs man 2116 Pfund Pulver am Hintersteven, und zwar aufserhalb des Schiffes, explodiren. Die Wirkung war zwar geringer, doch lösten sich die sämmtlichen Hölzer in der Nähe, die man nunmehr leicht heben konnte. In demselben Jahr wurden darauf innerhalb des Vordertheils des Schiffes noch 2250 Pfund Pulver entzündet. Die Wirkung war dabei noch stärker als früher, und das Wasser hob sich 80 bis 100 Fuſs hoch. Das Wrack war aber vollständig zerbrochen, wenn auch zu demselben Zweck noch mehrere Jahre hindurch kleinere Sprengungen behufs Beseitigung einzelner Theile erforderlich waren. Erst 1844 war der Grund vollständig gereinigt.

§. 54.
Der Taucherhelm.

Der Mensch ist unfähig, die im Wasser befindliche Luft aufzusaugen, wie die Fische dieses mittelst der Kiemen thun, er kann daher, wenn er sich nicht mit den Apparaten versieht, von denen im Folgenden die Rede sein wird, gemeinhin nur einige Secunden ohne Gefahr unter Wasser bleiben. Der geübte Taucher, der vorher die Lungen reichlich mit Luft gefüllt hat und diese möglichst vorsichtig verwendet, verlängert die Zeit des Tauchens bis auf eine und in seltenen Fällen bis auf zwei Minuten. Die Ansammlung einer bedeutenden Quantität Luft in der Lunge wird aber dadurch erschwert, daſs der Druck des Wassers schon in mäſsiger Tiefe den Körper stark zusammenpreſst, und deshalb eine groſse Anstrengung der Brustmuskeln erforderlich wird, um die Luft zurückzuhalten. Das häufige Tauchen bis zu groſser Tiefe ist aber immer für die Gesundheit nachtheilig. Dieses giebt sich besonders beim Perlen-Fischen zu erkennen, indem die dabei beschäftigten Taucher bald zu erkranken pflegen und frühzeitig sterben. Dieselben bleiben jedesmal einige Minuten unter Wasser, und um die Dauer der

Eintauchung möglichst abzukürzen, binden sie einen 20 bis 30 Pfund schweren Stein an die Füfse, wodurch die Tiefe, die gemeinhin etwa 10 Faden beträgt, um so schneller erreicht wird. Sie versehn sich auch noch mit einer Art von äufserm Luftmagazin, indem sie einen mit Oel getränkten Schwamm an den Arm binden und diesen zuweilen an den Mund halten, um die darin enthaltene Luft einzusaugen. Sobald sie aber den Mangel an frischer Luft nicht länger ertragen können, so lösen sie den Stein von ihren Füfsen und schütteln die Leine, welche ihnen um den Leib gebunden ist, worauf sie aufgezogen werden.

Nach Halley's Beobachtungen bedarf der Mensch in der Minute ungefähr 1 Gallon Luft, d. h. in nahe 7 Minuten 1 Cubikfufs. Wenn aber die ausgeathmete Luft wieder in denselben Raum zurückgestofsen wird, so kann man nur so lange noch nothdürftig darin athmen, als die Luft zur Hälfte rein ist. Hiernach genügt ein Luftraum von 1 Cubikfufs Inhalt nur für etwa 3 Minuten. Andre Beobachtungen haben ergeben, dafs in einer Glocke von 35 Cubikfufs Inhalt nur während einer Stunde ohne besondere Beschwerde eine Person aushalten kann, wenn die Luft darin nicht erneut wird.

Die Taucher-Apparate bestehn theils in grofsen Gefäfsen (Taucher-Glocken oder Taucher-Schachte), welche anhaltend mit frischer Luft gefüllt werden, und worin der Mensch bis zu beliebiger Tiefe herabgelassen wird, theils aber in Vorrichtungen, um dem Taucher die erforderliche Luft zuzuführen. Im letzten Fall, wovon hier zunächst die Rede sein soll, bildet die Umschliefsung des Kopfes, also der Taucherhelm, den Haupttheil, wenn derselbe auch gemeinhin mit einem wasserdichten Anzuge verbunden ist, der den ganzen Körper umgiebt.

Mehrere Taucher-Apparate beschreibt Leupold,*) und er theilt zugleich eine Kupfertafel aus einer 1511 in Erfurt erschienenen Uebersetzung des Flavius Renatus Vegetius mit, worauf ein Mann in einer Kleidung dargestellt wird, die ihn ganz umgiebt und über dem Kopfe in einen Schlauch ausläuft, dessen Mündung mittelst einer angebundenen Blase über Wasser gehalten wird. Leupold erwähnt ferner, dafs 1715 ein gewisser Becker mittelst eines Appa-

*) Theatrum pontificiale. Leipzig 1726.

rates, der dem später zu beschreibenden Klingert'schen ähnlich ist, in die Themse bei London tauchte und eine Stunde unter Wasser blieb. Zwei Jahre später soll derselbe Apparat auch in Hannover versucht sein. Lorini beschreibt einen Apparat, der gleichfalls mit Luftröhren versehn war, wobei der Taucher, auf einem Stuhle sitzend, herabgelassen wurde.

Borelli's*) Erfindung, den Taucher mit einer zu comprimirenden Luftblase und mit Schwimmfüfsen zu versehn, ist wohl zu abentheuerlich, als dafs die Beschreibung hier wiederholt werden dürfte. Rove's Taucherkasten soll dagegen im Jahre 1753 wirklich ausgeführt sein. Derselbe bestand in einer grofsen, etwas gekrümmten Röhre aus Kupferblech, die so lang und weit war, dafs ein Mensch darin liegen konnte. Auf der untern Seite waren zwei Aermel von Leder befestigt, in welche der Taucher die Arme steckte und sonach aufserhalb des Kastens Gegenstände fassen konnte, während eingesetzte Glasscheiben ihn die nächsten Umgebungen erkennen liefsen. Die in der Röhre befindliche Luft genügte, um während einer halben Stunde das Athmen zu gestatten.

Wichtiger ist der Klingertsche Taucher-Apparat. Der Erfinder sägte 1797 zum Beweise der Brauchbarkeit desselben am Bette der Oder bei Breslau einen starken Stamm durch und stellte manche andre Proben damit an. Der Apparat ist später vielfach angewendet und verdient näher beschrieben zu werden. Fig. 234 Taf. XXIX. stellt ihn dar. Er besteht in einem starken Cylinder aus Kupferblech, der oben durch ein Kugelsegment geschlossen ist. Dieses Stück bedeckt den Kopf des Tauchers und ruht mit einem breiten Rande auf dessen Schultern. Ein zweiter ähnlicher Cylinder, der den Körper des Tauchers zwischen den Armen und den Hüften bedeckt, hat denselben Durchmesser. Beide sind durch einen eben so weiten wasserdichten Schlauch aus Leder verbunden, der mit Aermeln versehn ist. Letztere werden mittelst breiter Riemen neben den Handgelenken fest auf die Arme gebunden und dadurch wasserdicht geschlossen. Dieser Schlauch wird sowohl oben als unten über die kupfernen Cylinder gestreift, an Knöpfen befestigt und mittelst eiserner Zugbänder, die mit Schrauben versehn sind, wasser-

*) In der *EdinburghEncyclopaedia* Vol. VIII. findet man unter *Diving* und *Diving Bell* verschiedene Mittheilungen, die hier kurz angedeutet sind.

dicht aufgepreſst. Den Untertheil des Körpers bedeckt eine lederne Hose, die wieder über den untern Cylinder gestreift und an denselben mit Knöpfen und einem Zugbande, so wie auch an die Schenkel des Tauchers mit Riemen befestigt wird.

Zum Ab- und Zuführen der Luft dienen zwei Lederschläuche von etwa 1½ Zoll Durchmesser, die durch spiralförmig gewundene Drähte offen gehalten werden. Der eine mündet unmittelbar in den Helm, dieser führt die frische Luft zu. Der andre ist mit einem Mundstück aus Elfenbein versehn und der Taucher muſs hier die auszuathmende Luft hineinblasen. Beide reichen bis über die Oberfläche des Wassers und werden durch anzuschraubende Ansatzstücke, jedesmal, so weit es erforderlich ist, verlängert. Ausserdem sind beide Röhren durch je eine am Gürtel befestigte kleine Büchse geleitet, wie die Figur zeigt, und diese dienen zur Aufnahme des niederschlagenden oder durchsikernden Wassers.

Vor die Augen des Tauchers sind zwei starke Glasscheiben eingesetzt, auch ist in der Kopfbedeckung ein Ventil angebracht, das sich nach aufsen öffnet. Dieses schlägt der Taucher auf, sobald er wieder an die Oberfläche kommt, um ganz unabhängig von der Zuleitungsröhre den freien Zutritt der frischen Luft darzustellen. Endlich befindet sich am untern Cylinder, und zwar in einer kleinen Erweiterung desselben eine leichte Druckpumpe, mittelst deren der Taucher das Wasser entfernt, welches etwa in den Cylinder eingedrungen ist.

Der Helm ist so geräumig, daſs er den Taucher schwimmend erhält. Sobald derselbe daher herabgehn will, muſs er sich noch mit andern Gewichten belasten. Zu diesem Zweck ist der untere Cylinder mit einer Reihe von Haken umgeben, auf welche so viele Gewichte gehängt werden, daſs der Taucher mit dem Druck von wenig Pfunden herabsinkt. Er wird dadurch in den Stand gesetzt, auf weichem schlammigen Boden zu gehn, indem er beinahe vollständig durch den hydrostatischen Druck getragen wird. Wenn aber zufälliger Weise der Apparat in Unordnung gerathen und für den Taucher irgend eine Gefahr entstehn sollte, so darf derselbe nur die angehängten Gewichte abwerfen, worauf er sogleich aufschwimmt, und wenn er alsdann das Ventil öffnet, so tritt nicht nur die frische Luft ein, sondern er kann auch zu den andern Arbeitern sprechen.

In diesem Apparat wird die Spannung der Luft nie gröfser, als an der Oberfläche des Meers, die Unannehmlichkeit des starken Luftdrucks wird also umgangen, dafür mufs aber auch der Druck des Wassers vom Körper abgehalten werden, der nachtheiliger als der erste ist. Wenn ohne weitere Ueberdeckung des Körpers nur in einem Helm die Luftröhren angebracht wären, so dafs in der Brust und in den Lungen die Luft die gewöhnliche Spannung hätte so würde beim Tauchen bis etwa zu 20 Fufs Tiefe der äufsere Druck schon die Circulation des Bluts hemmen und Erstarrung eintreten. Aus diesem Grunde sind die starken kupfernen Cylinder nothwendig, doch sind diese bei jeder Bewegung sehr hinderlich, und wenn vollends auch nur eine geringe Strömung oder Wellenbewegung stattfindet, so wird der Taucher davon gefafst und fortgetrieben.

Der Tonkinsche Taucher-Apparat unterscheidet sich von dem vorstehenden dadurch, dafs auch die Arme, die Schenkel und Füfse mit starken metallnen Cylindern umgeben sind, über welche wasserdichte Kleider gezogen werden. Braithwaite ging mit diesem Apparat in den 1804 bei Weymouth auf 10 Faden Tiefe gesunkenen Ostindien-Fahrer Obergavenny herab. Die Luftröhren reichten bis über Wasser und man fand, dafs der Taucher sich durch dieselben bei lautem Sprechen sogar verständlich machen konnte.

Der Apparat, für welchen W. H. James patentirt ist, unterscheidet sich wesentlich von den beschriebenen dadurch, dafs die Zu- und Ableitungsröhren der Luft fehlen, und sonach der Taucher sich ganz beliebig bewegen kann. Ausserdem schliefst der Helm, der nur so grofs ist, dafs der Kopf darin freien Spielraum findet, einen weit geringeren Raum ein, wodurch der Widerstand des Wassers gleichfalls vermindert wird. Fig. 235 zeigt den Apparat im Durchschnitt *). Der Helm ist wieder aus Kupferblech getrieben und wasserdicht gelöthet. Er umgiebt den Kopf, den Hals, die Brust und den obern Theil des Rückens und ruht auf den Schultern. Eine Jacke aus wasserdichtem Zeuge ist an den untern Rand des Helms genäht. Die Aermel reichen bis gegen die Hand und werden

*) *Hebert's Engineer's and Mechanic's Encyclopaedia. Diving Apparatus.*

zweimal, nämlich über dem Handgelenk und am Oberarm durch elastische Bänder fest aufgebunden. Ein breiter und starker elastischer Gürtel schliefst die Jacke dicht über den Hüften fest an den Leib. Aufserdem zieht der Taucher noch eine Hose aus wasserdichtem Zeuge an, die über den Knöcheln wieder mit elastischen Bändern fest angeschlossen und oben über die Jacke gestreift und durch den erwähnten Gürtel gehalten wird. Für den untern Theil der Bekleidung ist die vollkommene Wasserdichtigkeit weniger nothwendig, als für den obern.

Statt der einzelnen Augengläser enthält der Helm eine quadradratische Oeffnung von etwa 6 Zoll Breite und Höhe, welche durch eine starke Glasscheibe geschlossen wird. Sie befindet sich vor den beiden Augen und der Nase des Tauchers. Derselbe ist sonach im Stande, einen weiten Raum frei zu übersehn und namentlich alle Gegenstände zu seinen Füfsen zu erkennen, ohne dafs er den Kopf überneigen dürfte.

Der Raum im Innern des Helms ist mit Luft angefüllt. Dieselbe wird aber durch das Athmen nicht verdorben, indem der Taucher wieder das Mundstück einer Röhre im Munde hat, wodurch er die Luft ausbläst. Diese Röhre besteht aus Kautschuck und mündet durch eine feine, mit einem Klapp-Ventil versehne Oeffnung im Scheitel des Helms, wodurch die Luft in das Wasser entweicht. Zum Ersetzen der eingeathmeten Luft in dem Helme dient ein Reservoir, das mit comprimirter Luft angefüllt ist. Dasselbe besteht aus einer schraubenförmig gewundenen kupfernen Röhre, welche unter den Armen hängt. Diese Röhre wird vorher mittelst einer Compressions-Pumpe gefüllt, und an ihrem obern Ende steigt eine mit einem Hahn versehne feine Röhre auf, welche durch einen Kautschuck-Schlauch mit einer Ansatzröhre am Helm verbunden ist. Sobald die im Helm befindliche Luft so weit verdünnt ist, dafs das Athmen beschwerlich wird, so öffnet der Taucher den erwähnten Hahn, und sogleich strömt die erforderliche Luftmenge wieder hinzu. Sollte durch zu langes Oeffnen des Hahns oder wegen Undichtigkeit desselben zu viel Luft einströmen, wobei der Helm, der nur gegen den äufsern Druck gesichert ist, springen könnte, so entweicht die Luft durch ein gehörig belastetes Sicherheits-Ventil, das sich an der vordern Seite des Helms unter der Zuleitungsröhre befindet. Durch dieses Ventil wird auch die

Compression der Luft aufgehoben, sobald der Taucher an die Oberfläche des Wassers zurückkehrt. Indem er nämlich beim Ausblasen der Luft den Wasserdruck überwinden muſs, so läſst er, ohne dieses zu bemerken, auch den Druck der Luft im Helm nach und nach immer gröſser werden, und sonach könnte der Helm und noch mehr die daran befestigte Kleidung leiden, wenn bei der starken Verminderung des äuſsern Drucks während des Aufsteigens der innere unverändert bliebe.

Wiewohl dieser Helm bedeutend kleiner ist, als der von Klingert, so verhindert er dennoch das Herabsinken des Tauchers, und dieser muſs durch angehängte Gewichte sich beschweren. Gewöhnlich belastet er sich mit einem Uebergewicht von etwa 20 Pfund, alsdann kann er bequem an einem Tau herab- und heraufklimmen. Dieser Apparat wird sehr gerühmt, und wenn auch einige Uebung erforderlich ist, um die Luft beim Ausathmen regelmäſsig auszustoſsen, und nur durch die Nase einzuathmen und den Luftraum im Helm, so oft es nöthig ist, wieder zu füllen, so gewöhnt sich der Taucher hieran doch bald, und er hat beide Hände frei und kann jede beliebige Verrichtung vornehmen. Er kann aber auch in die Räume eines gesunknen Schiffes herabsteigen und, soweit die Erleuchtung es erlaubt, auch hier Untersuchungen anstellen, Gegenstände heraustragen oder, wenn man das Schiff sprengen will, die Pulverfässer gehörig verlegen und befestigen.

Bis zum Jahre 1830 fanden die vorstehend beschriebenen Apparate wenig Eingang, wogegen die Taucherglocke vielfach benutzt wurde, obwohl die Wirksamkeit des Tauchers in ihr sich auf einen sehr geringen Raum beschränkt, und dabei von manchen Verrichtungen, die eine freie Bewegung erfordern, ganz abgesehn werden muſs. Der Grund, weshalb man von jenen Erfindungen so wenig Gebrauch machte und die Verbesserung derselben bisher unterblieb, beruhte vorzugsweise auf der Schwierigkeit der Darstellung wasserdichter Kleidungen. Man konnte sich hierzu nur des kostbaren, wegen seiner Steifigkeit höchst unbequemen, und bei vorkommenden Beschädigungen schwer auszubessernden Leders bedienen. Als jedoch in dieser Zeit die Anfertigung wasserdichter Stoffe aus Geweben, die man mit Kautschuck überzog, bekannt wurde, verschwand diese Schwierigkeit, und nunmehr ging man wieder zu den Taucherhelmen über.

Der unter der Benennung Scaphander bekannte Apparat fand allgemein Eingang, und zwar sieht man auf Baustellen, wo vielfach davon Gebrauch gemacht wird, eine grofse Anzahl derselben, und besondere Arbeiter sind beschäftigt, die nöthigen Reparaturen daran auszuführen, so dafs bei vorkommenden Beschädigungen keine Unterbrechung eintritt, sondern sogleich ein Wechsel erfolgen kann. Die ganze Bekleidung besteht aus den erwähnten wasserdichten Stoffen. Die Jacke wird über die Hose gezogen und durch einen elastischen Gürtel mit dieser verbunden, so wie elastische Bänder die erste an den Handgelenken und die letzte über den Knöcheln den wasserdichten Schluſs darstellen. Aufserdem gehört zu dem Anzuge noch ein Paar Schuhe mit schweren Bleisohlen.

Die Jacke ist verbunden mit einem starken gekrümmten Ringe aus Messing, der auf den Schultern ruht, und an diesen schliefst sich mittelst mehrerer Schrauben der messingne Helm wasserdicht an, der den Kopf und Hals überdeckt. Dieser Helm ist mit zwei runden, 4 Zoll im Durchmesser haltenden starken Gläsern versehn, welche der Sicherheit wegen auf der äufsern Seite noch durch ein eisernes Gitter geschützt sind. Auf dem obern Theil des Hinterkopfes wird die Luft durch einen Gummischlauch in den Helm eingepumpt, und zum Auslassen derselben dient ein Ventil auf dem Scheitel, das sich von selbst öffnet, sobald der Druck im Innern stärker wird, als der Druck des Wassers ist. Der Eintritt der ausgeathmeten Luft in den Helm ist ohne Nachtheil, da hier fortwährend reichlich frische Luft hinzutritt, doch hat man zuweilen noch eine besondere, gleichfalls mit einem Ventil versehene Ausathmungsröhre angebracht, die der Taucher in den Mund nimmt.

Der erwähnte Gummischlauch führt nach einer Luftpumpe, die so lange in Thätigkeit erhalten wird, als der Taucher sich unter Wasser befindet, und während dieser Zeit bemerkt man die in Blasen entweichende Luft, woraus man auf die genügende Wirksamkeit der Pumpen schliefsen kann. Der Taucher ist indessen durch die Bleisohlen nicht hinreichend beschwert, er trägt daher noch Bleigewichte vor der Brust und am Rücken, die am Helm befestigt sind. Eine Leine, welche ein oben stehender Arbeiter in der Hand hält, dient, je nachdem sie einmal oder wiederholentlich angezogen wird, zu verschiedenen verabredeten Signalen, und möglichen Falls kann der Taucher daran heraufgezogen werden. Beim regelmäfsigen

Fortgange der Arbeit steigt er aber an einer Strickleiter hinab und herauf.

Das Tauchen bis auf eine Atmosphäre Ueberdruck, also etwa 30 Fuſs Tiefe, ist ohne Nachtheil für gesunde Personen, und die Taucher gehn in der Regel zweimal am Tage auf etwa 3 Stunden herab. Wichtig ist es, daſs sie nicht zu schnell herab- und noch mehr, daſs sie möglichst langsam heraufsteigen, weil die plötzliche oder zu rasche Veränderung des Luftdrucks der Lunge nachtheilig ist. Kräftige Personen können aber auch zu viel gröſserer Tiefe herabsteigen und man hat Beispiele, daſs selbst unter dem Druck von $4\frac{1}{4}$ Atmosphären noch Arbeiten ausgeführt wurden.

Diese Apparate haben sich bei dem vielfachen und lange fortgesetzten Gebrauch, den man von ihnen gemacht hat, als vollständig sicher bewährt. Nichtsdestoweniger ist die Zuführung der Luft dabei nicht nur unbequem, sondern auch schädlich, insofern eine starke Strömung fortwährend den Kopf trifft. Dazu kommt noch, daſs bei der Verdichtung der Luft Wärme frei wird, also die Luft mit erhöhter Temperatur in den Helm tritt, während der übrige Körper durch das umgebende Seewasser abgekühlt wird. Rheumatische Uebel sind daher nicht selten die Folge des Tauchens in Scaphandern.

Die erwähnten Uebelstände sind vor einigen Jahren durch eine sinnreiche Anordnung der Zuführung der Luft und durch eine Veränderung der Luftpumpe beseitigt. Die Erfindung rührt vom Französischen Ingenieur Rouquayrol und vom Marine-Lieutenant Denayrouze her. Sie ist bereits vielfach zur Anwendung gekommen und hat nach den bekannt gewordenen Berichten über die in Französischen Kriegshäfen dabei gemachten Erfahrungen sich vollständig bewährt *). Dieser Apparat wird auch bei den Bernstein-Fischereien in der Ostsee mit Vortheil benutzt und ist seit einiger Zeit beim Hafenbau in Stolpmünde im Gebrauch.

Der wesentlichste Theil ist das Luft-Reservoir. Der Taucher trägt auf dem Rücken die beiden Fig. 245 a. und b. auf Taf. XXXI. dargestellten und mit einander verbundenen Cylinder aus Stahlblech. Der untere, etwa 7 Zoll lange und 4 Zoll im Durchmesser haltende Cylinder, der horizontal liegt, ist das Luft-Magazin, in welches mittelst eines

*) *L'art de plonger et de travailler sous l'eau.* In Paris ohne Jahreszahl gedruckt.

Schlauchs die verdichtete Luft eingepumpt wird. Der darüber befindliche aufrecht stehende Cylinder, der wieder 4 Zoll im Durchmesser hält, und etwa 3 Zoll hoch ist, steht mit dem ersten durch eine Röhre in Verbindung, in welcher sich ein Kegel-Ventil befindet, das nach unten aufschlägt. Da der Luftdruck im ersten Cylinder meist stärker ist, als im zweiten, so bleibt dieses Ventil gewöhnlich geschlossen, doch öffnet es sich, sobald die Luft im obern Cylinder nicht mehr die der Tiefe entsprechende Spannung hat. Dieser Cylinder ist nämlich in der obern Basis mit keiner festen Decke versehn. Es tritt daselbst aus der cylindrischen Fläche ein Rand nach innen vor. Ueber diesen ist eine dünne Kautschuckplatte gespannt, die durch einen darüber gelegten Ring gehalten wird. Dieser Ring ist durch Schrauben gegen jenen Rand des Cylinders befestigt. Die elastische Decke hebt sich, sobald die Spannung im Innern stärker als die äufsere ist, und im entgegengesetzten Fall krümmt sie sich abwärts. Durch die Mitte dieser Decke greift aber der Stiel des erwähnten Ventils hindurch und wird sowohl darüber wie darunter durch Scheiben und Schraubenmuttern sicher gehalten. Indem das Ventil sich nicht heben kann, so ist auch die Hebung der Kautschuckplatte in ihrem Mittelpunkte unmöglich, wohl aber senkt sie sich, sobald die Luft im obern Cylinder nicht die der Tiefe entsprechende Spannung hat. In diesem Fall stöfst sie das Ventil auf, und es tritt aus dem untern Cylinder so viel Luft hinzu, dafs das Gleichgewicht sich darstellt. Alsdann bildet die elastische Platte wieder eine Ebne, wobei das Ventil sich schliefst. Um die Bewegung des Ventils zu sichern, setzt sich der Stiel desselben nach abwärts fort und findet in einem Stege die Führung, so dafs er in der Achse der Röhre bleibt. Fig. b. zeigt diese Anordnung im Durchschnitt.

Aus dem obern Cylinder wird die Luft dem Taucher zugeführt, doch tritt die Kautschuckröhre nicht unmittelbar in seinen Mund, sondern endigt in einer gebognen Kautschuckplatte, die vor dem Munde liegt, und aus welcher zwei Lappen vortreten, welche mit den Lippen festgehalten werden. Beim Einathmen wird die Luft in dieser Art aus dem obern Cylinder entnommen, worauf sogleich dieselbe Luftmasse aus dem untern zuströmt. Die Ausathmung erfolgt durch dieselbe Röhre, da jedoch der obere Cylinder schon dem Wasserdruck ensprechend gefüllt ist, so wird diese Luft

durch ein eigenthümlich geformtes Ventil in das Wasser ausgestofsen. Man sieht dieses Ventil in Fig. 245 a. in der Seiten-Ansicht und Fig. c. zeigt es von vorn. Es besteht wieder aus Kautschuck und stellt sich als eine Platte von 3 Zoll Höhe und 2 Zoll Breite dar. Mit ihrem untern Ende umschliefst dieselbe das metallne Rohr, welches die Fortsetzung des Gummischlauchs bildet. Das Rohr ist hier mit einer Oeffnung versehn, und diese steht in Verbindung mit einer Höhlung in der Platte, letztere spaltet sich aber und beide Lamellen schliefsen sich aneinander und sperren die Verbinbindung jener Höhlung mit dem umgebenden Wasser. Sobald aber beim Ausathmen der Druck sich vermehrt, so öffnen sie sich ein wenig und lassen die Luft entweichen.

Der Taucher athmet die Luft sowohl aus wie ein nur durch den Mund, und um zu verhindern, dafs er nicht vielleicht unvorsichtiger Weise auch durch die Nase athmet, so wird eine gepolsterte mit einer Schraube anzuspannende leichte Klemme auf die Nase gesetzt, welche beide Flügel der letzteren eindrückt. Indem der untere Cylinder sehr stark gespannte Luft enthält, mit der nach dem jedesmaligen Bedürfnifs der obere Cylinder sich füllt, so kann der Taucher aus dem ersteren noch während einiger Minuten die nöthige Luft entnehmen, wenn auch die Pumpe aufser Thätigkeit gesetzt wird, oder vielleicht der Schlauch undicht werden sollte. Am Eintritt desselben in den Cylinder befindet sich aber eine Klappe, welche den Rücktritt der Luft verhindert. Giebt man dem Taucher durch Anziehn der um seinen Leib gebundenen Leine das Zeichen, dafs die Zuführung der Luft aufgehört hat, so genügt der Vorrath, den er auf dem Rücken bei sich führt, vollständig, um auf der Strickleiter wieder über Wasser steigen zu können.

Die zu diesem Apparat gehörige Luftpumpe, die Fig. 245 d. sowohl in der Ansicht von der Seite als im Durchschnitt zeigt, unterscheidet sich von den sonst üblichen dadurch, dafs nicht die Kolben, sondern die Pumpenstiefel auf und ab bewegt werden, während die Kolbenstangen an der Sohlenplatte befestigt sind, und in den Scharnieren neben derselben nur wenig seitwärts schwingen. Die ganze Einrichtung ergiebt sich aus der Zeichnung. Ueber jeder Haube befindet sich eine feste Platte mit einem Kegelventil, das beim Einpumpen der Luft sich nach oben öffnet. Um dasselbe in seiner gehörigen Richtung zu halten, und um zu verhindern, dafs

es nicht etwa ausspringt, tritt ihm aus dem Scheitel der Haube ein Stift entgegen, der seine Bewegung begrenzt. Zur Seite von jeder Haube steht ein Becher, aus welchem eine Röhre, die man mit einem Hahn schliefsen kann, über das obere Ventil führt. Hierdurch läfst sich jene Platte mit einer Wasserschicht überdecken. Der Kolben ist gleichfalls mit einem Kegelventil versehn, dessen Bewegung durch einen Knopf am untern Ende seiner Achse begrenzt wird.

Die Vorzüge dieser Anordnung sollen besonders in der erwähnten Ueberdeckung des obern Ventils mit Wasser beruhn, wodurch theils ein dichter Schlufs dargestellt, theils aber auch die Luft abgekühlt wird, indem sie durch das Wasser tritt. Letzteres kann augenscheinlich nur geschehn, wenn man das Wasser häufig erneut, und dieses geschieht durch die neben jeder Haube befindlichen und durch Hähne abzusperrenden Becher. Aufserdem wird von dieser Anordnung der Pumpe gerühmt, dafs der sogenannte schädliche Raum dabei fast ganz verschwindet, indem die obere Fläche des Kolbens bei jedem Stofs die darüber befindliche Platte berührt.

Aus jeder Haube wird die comprimirte Luft durch einen Gummischlauch abgeleitet. Einen derselben zeigt die Figur, und beide vereinigen sich vor einem Manometer, welches die Spannung der Luft angiebt. Unter demselben befindet sich ein Hahn, der bei zu starkem Druck geöffnet wird. Dieselbe Messingröhre, welche diesen Hahn und das Manometer trägt, spaltet sich in ihrer Fortsetzung in zwei Ansätze, an welche zwei Gummischläuche anzuschrauben sind, von denen jeder aber durch einen besondern Hahn gesperrt werden kann. In dieser Weise genügt ein Pumpen-Apparat, um zwei Taucher mit Luft zu versehn. In alle Gummischläuche sind Draht-Spiralen eingeschoben.

Der beschriebene Taucher-Apparat kann auch ohne Helm und besondere Kleidung benutzt werden. Der Taucher schnallt den Fig. 245 a. und b. dargestellten Luft-Cylinder auf den Rücken, nimmt die Kautschuckplatte vor den Mund, bindet den Nasenkneifer um und zieht die mit Bleisohlen versehenen Schuhe an, worauf er nackt oder in gewöhnlicher leichter Kleidung herabsteigt. Er kann sich alsdann besonders leicht bewegen und ist zu starker Kraftanstrengung befähigt, doch verbietet alsdann die Kälte einen längern

Aufenthalt im Wasser. Wenn daher nicht vorherzusehn, dafs die Arbeit etwa in einer halben Stunde beendigt werden kann, so ist die Anlegung des Taucher-Anzuges nothwendig.

Ueber diesen Anzug ist wenig zu sagen, da er mit dem oben beschriebenen übereinstimmt, nur fehlt dabei der Helm, der bei der directen Zuführung der Luft nach dem Munde entbehrlich ist. Dafür schliefst sich an die Jacke eine Kappe an, die den Hinterkopf bedeckt, und diese ist mit einem schräge abgeschnittenen Blechkegel verbunden, der vor dem Gesicht liegt. Durch denselben ist die Luftröhre nach dem Munde des Tauchers hindurchgezogen, und in seiner äufsern Basis ist ein starkes Glas von 3 Zoll Durchmesser eingesetzt. Dieses Glas soll bequemer sein, als die im Helm vor beiden Augen angebrachten Gläser. Dabei tritt indessen ein Uebelstand ein, den man im Scaphander nicht bemerkt. Die in den Helm des letztern fortwährend eintretende und wieder entweichende Luft beseitigt nämlich den Wasserdunst, während derselbe aus dieser Kopfbedeckung sich nicht entfernen kann und auf dem Glase so stark niederschlägt, dafs dieses undurchsichtig wird. Der Taucher mufs alsdann seine Arbeit unterbrechen und heraufgehn, um das Glas abwischen zu lassen, Man hat bemerkt, dafs solche Unterbrechung besonders nach Einnahme der Mittags-Mahlzeit vorzukommen pflegt.

Die Taucher-Arbeiten werden häufig durch die Dunkelheit unterbrochen, und wenn das Wasser trübe ist, so fehlt es selbst bei Tage schon in mäfsiger Tiefe so sehr an Licht, dafs aus diesem Grunde alle Untersuchungen und Verrichtungen unmöglich werden. Man hat aus diesem Grunde sich vielfach bemüht, eine brauchbare Taucherlampe darzustellen. In einfachster Weise ist dieses geschehn, indem man die Lampe wasserdicht rings umher abschlofs, und sie durch eine flexible Röhre mit der äufsern Luft über Wasser in Verbindung setzte. Der Effect war indessen wegen mangelnden Zutritts frischer Luft durchaus ungenügend. Nahe dasselbe fand auch statt, wenn man zwei Röhren oder Schläuche anbrachte, die über Wasser hinaufreichten, und von denen die eine sich unmittelbar über der Flamme befand, durch welche also die erwärmte Luft abgeführt werden sollte. Diese erkaltet aber so sehr, dafs die beabsichtigte Circulation nur höchst unvollständig eintritt, und selbst in geringer Entfernung nur ein schwacher Schimmer sich bildet. Auch die Ver-

suche, aus dem Helm der Lampe frische Luft zuzuführen, gaben keine brauchbaren Resultate, woher gemeinhin die Taucher-Arbeiten unterbrochen werden, sobald das Wasser stark getrübt ist.

In neuerer Zeit hat man jedoch diesen Uebelstand durch Anwendung der electrischen Lampe vollständig beseitigt. Aus derselben treten in Kautschuckröhren die Leitungsdrähte bis über Wasser und stehn mit einer galvanischen Säule von 50 Elementen in Verbindung. In der Lampe befinden sich die beiden Kohlenspitzen, zwischen denen die Lichtentwicklung erfolgt, und diese ist so stark, dafs die Umgebungen deutlicher als im Tageslicht vortreten. Die Erleuchtung setzt sich unverändert während drei Stunden fort, alsdann sind die Kohlenstifte verbrannt und es müssen dafür neue eingeschaltet werden. Die ganze Vorrichtung, welche mit den auf Leuchtthürmen eingeführten übereinstimmt, ist aber sehr kostbar, woher für vorliegenden Zweck wohl nicht leicht davon Gebrauch gemacht werden dürfte.

§. 55.

55. Die Taucherglocke.

Die Taucherglocke besteht aus einem hinreichend festen und wasserdichten Behälter ohne Boden, in welchem mehrere Personen sich aufhalten und die verschiedensten Verrichtungen vornehmen können. Beim Versenken wird die darin enthaltene Luft durch den Wasserdruck, der von unten auf sie wirkt, comprimirt, indem man aber fortwährend Luft hineinpumpt, so wird das Wasser bis zum untern Rande der Glocke zurückgedrängt, und in der Glocke stellt sich diejenige Spannung der Luft ein, welche dem Wasserdruck an ihrer Basis entspricht.

Die Verdichtung der Luft ist namentlich beim Herabgehn zu gröfserer Tiefe zwar fühlbar, doch verschwindet die Unbequemlichkeit, sobald die im menschlichen Körper enthaltene Luft dieselbe Spannung, wie die äufsere, angenommen hat. Diejenigen Personen, welche schon mehrmals herabgegangen sind, pflegen auch durch starkes Ein- und Ausathmen in der Zeit, wo der Luftdruck sich ändert, die Ausgleichung schnell herbeizuführen.

Die Erfindung der Taucherglocke ist sehr alt, schon

Aristoteles sagt, dafs man unter einem umgekehrten Kessel sich tief ins Wasser herablassen kann. Nach manchen Nachrichten mufs man annehmen, dafs die Taucherglocke bereits im funfzehnten Jahrhundert beim Perlenfischen gebraucht wurde. In Toledo liefsen sich in Gegenwart Karl V. zwei Griechen unter einem umgekehrten Kessel in den Tajo herab und nahmen zugleich ein brennendes Licht mit sich, das beim Aufziehn des Kessels zur allgemeinen Verwunderung noch brannte.

Im siebzehnten Jahrhundert wurde die Taucherglocke, wie Leupold mittheilt, vielfach benutzt, und zwar bestand sie gemeinhin aus Blei, war aber nur etwa 3 Fufs hoch, während sie unten einen Korb trug, worin der Taucher safs. Für Erneuerung der Luft wurde dabei gar nicht gesorgt, woher sie jedesmal nach kurzer Zeit wieder gehoben werden mufste.

Karl II., König von Spanien und Portugal, gab 1680 einem Amerikaner Namens W. Phipps die Erlaubnifs, die reiche Ladung eines bei Hispaniola gestrandeten und gesunknen Schiffes mittelst der Taucherglocke herauszubringen. Der Erfolg war aber in den ersten Jahre so unbedeutend, dafs die Unterstützung, die der König Anfangs gewährt hatte, ausgesetzt wurde und dadurch das ganze Unternehmen ins Stocken gerieth. Phipps reiste indessen bald darauf nach England und wufste einige Privat-Personen, denen er bedeutende Antheile des Gewinns zusagte, für das Unternehmen aufs Neue zu gewinnen. Im Jahre 1687 wurden die Versuche wieder begonnen, und zwar so glücklich, dafs etwa 200,000 Pfund Sterling in Gold gehoben wurden.

Gegen das Jahr 1700 gab der berühmte Astronom Halley die in Fig. 236 auf Taf. XXIX. dargestellte Einrichtung der Taucherglocke an, die ziemlich nahe mit der jetzt üblichen übereinstimmt. Die Glocke hatte die Form eines abgestutzten Kegels und war aus starken Fafsdauben zusammengesetzt. Im Innern wa sie aber mit zusammengelötheten Bleiplatten bekleidet. Ihre Höhe betrug 8 Fufs, der untere Durchmesser 5, der obere 3 Fufs. Ihr Gewicht war nicht so grofs, dafs sie von selbst herabsank. Sie war daher unten mit drei aufwärts gekehrten Haken versehn und hieran hingen drei eiserne Gewichte von je 2 Centnern. Diese Gewichte standen, wenn die Glocke ganz herabgelassen war, auf dem Grunde, die Glocke selbst berührte aber diesen nicht, sondern

blieb mit ihrem Rande, wie es scheint, etwa 3 Fuſs darüber, was auch wegen der gewählten Art der Zuleitung der Luft nohtwendig war. In einiger Höhe über dem untern Rande befand sich eine kreisförmige Bank, auf der die Arbeiter beim Herablassen wie beim Heben der Glocke saſsen. Bei der Arbeit selbst standen sie im Wasser. In der Decke befand sich eine Oeffnung, worin eine starke Glasscheibe luftdicht eingesetzt war. Daneben war eine zweite kleine Oeffnung zum Auslassen der Luft eingeschnitten, die jedoch gewöhnlich durch einen Hahn geschlossen blieb.

Die Glocke wurde am Bogspriet eines Schiffes herabgelassen, und daneben waren noch zwei Rollen befestigt, an welchen die beiden Luft-Fässer hingen, die abwechselnd sich auf nnd ab bewegten und bei jedem Niedergang die erforderliche Luft der Glocke zuführten. Jedes dieser Fässer war durch starke Gewichte hinreichend beschwert, um, selbst wenn es Luft enthielt, noch schnell herabzusinken, und faſste 5¼ Cubikfuſs. Sowohl oben als unten waren die Fässer mit Oeffnungen versehn. Die untern blieben ganz frei, aus den obern trat dagegen in jedem Fasse ein lederner, durch eine Spiralfeder offen gehaltner Schlauch von etwa 5 Fuſs Länge heraus, der mit einer schweren Ausguſsröhre aus Messing versehn war. Sollte eins dieser Fässer mit Luft gefüllt werden, so hob man, sobald sein Boden über Wasser trat, die Ausguſsröhre auf, durch welche die Luft bei weiterm Anheben des Fasses in dasselbe einströmte. War dieses geschehn, so lieſs man den Schlauch niederfallen und versenkte das Faſs auf den Meeresgrund, so daſs es tiefer als der untere Rand der Glocke stand. Aus der letztern faſste man alsdann den Schlauch mit einem Haken, und hob seine Mündung innerhalb der Glocke aufwärts, worauf die Luft aus dem Faſs in die Glocke strömte. War diese ganz mit Luft angefüllt, so öffnete man von Zeit zu Zeit den Hahn in der Decke, um in demselben Maaſse, wie frische Luft von unten hinzutrat, die verdorbne oben auszulassen.

Ueber die Benutzung dieser Taucherglocke sammelte Halley sehr schätzbare Erfahrungen. Er ging einst selbst mit ihr herab und zwar bis 60 Fuſs unter den Meeresspiegel. Er blieb anderthalb Stunden ohne Beschwerde unten, nur die schnelle Zunahme des Luftdrucks während des Herablassens fand er unangenehm, da sie heftige Ohrenschmerzen verursachte, indem die com-

primirte Luft auf das Trommelfell einen starken Druck ausübte, so lange die Luft im Innern des Körpers noch nicht dieselbe Spannung hatte. Halley empfahl daher, man solle die Glocke zuerst 12 Fuſs tief herablassen und sie einige Zeit in dieser Höhe halten, damit die Ausgleichung des Drucks nach und nach erfolgen könne. Er fand übrigens, daſs die Beleuchtung bei ruhiger See vollkommen genügend und sogar besser war, als bei trübem Wetter in manchen Zimmern, man konnte aber auch ganz bequem in der Glocke ein Licht anzünden, falls die Beleuchtung nicht hinreichte. An einer unter dem Rande der Glocke hindurch gezognen Leine wurden Bleitäfelchen herauf- und herabgelassen, auf welchen man die Mittheilungen aufschrieb, die man sich gegenseitig machen wollte. Endlich erwähnt Halley, daſs beim Oeffnen des Lufthahns der Wasserspiegel in der Glocke in Folge der plötzlichen Verminderung des Drucks in ein Aufwallen versetzt wurde, als wenn das Wasser kochte.

Halley erfand im Jahre 1721 noch eine Vorrichtung, durch welche man einzelne Arbeiter mit einem Taucherhelm versehn und zu manchen Untersuchungen und Verrichtungen aufserhalb der Glocke beschäftigen konnte. Dieser Helm bestand wieder in einer unten offnen Glocke aus Blei, die man wie eine Kappe auf den Kopf setzte, die aber bis unter die Schultern herabreichte. Sie stand mittelst eines ledernen Schlauchs von 2 Zoll innerm Durchmesser mit der Glocke in Verbindung. Der Schlauch wurde wieder durch eine messingene Spiralfeder offen gehalten und hatte die Länge von etwa 40 Fuſs. Sobald diese Kappe über dem Wasserspiegel in der Glocke getragen wurde, strömte die Luft ununterbrochen aus der letztern in die erstere über, nur wenn der Taucher unter dem Rande der Glocke hindurchging, muſste die Verbindung beider unterbrochen werden, weil sonst die Kappe sich mit Wasser füllte. Hierzu diente ein Hahn dicht neben der Kappe, den der Taucher selbst schlieſsen und öffnen konnte. Letztrer trug den ganzen Schlauch, soweit derselbe frei war, über dem linken Arm und hob eine Windung nach der andern ab, wenn er sich von der Glocke entfernte. Wollte er dagegen zurückgehn, so durfte er nur dem Schlauch folgen, um die Glocke wieder zu finden.

Der Taucher stand indessen so lose im Wasser, daſs er selbst

dem schwächsten Strom nicht widerstehn und nur mit Mühe den Widerstand des Wassers überwinden konnte. Er mufste daher noch mit etwa 200 Pfund Blei belastet werden, welches man ihm an den Gürtel hing, um den Schwerpunkt möglichst zu senken. Endlich erwähnt Halley, dafs die Kälte des Meerwassers so grofs war, dafs der Taucher aufserhalb der Glocke fast erstarrte. Es mufste deshalb für dicke wollne Kleidung gesorgt werden, die zwar sogleich sich voll Wasser zog, aber dennoch die Kälte mäfsigte.

Im Jahre 1775 gab Spalding mehrfache Aendrungen in der Einrichtung der Halleyschen Glocke an, nachdem er 1774 dieselbe zum Bergen der Ladung eines bei Fern-Island gesunknen Schiffs vergeblich und mit den gröfsten Gefahren versucht hatte. Auf dem felsigen und unebnen Boden, wo unabsehbare Gründe neben hohen Klippen lagen, war nämlich ein Umschlagen der Glocke leicht möglich, aufserdem aber entstand noch bei den unzulänglichen Einrichtungen die Besorgnifs, dafs am Apparate irgend etwas brechen oder die Arbeiter nicht gehörig sorgsam sein möchten. Spalding stellte sich daher die Aufgabe, solche Anordnungen zu treffen, dafs die herabgelassenenen Arbeiter in den Stand gesetzt würden, die Glocke in jeder beliebigen Höhe festzuhalten, so dafs ein weiteres Sinken derselben nicht stattfände, wenn auch das Tau noch fortwährend nachgelassen würde. Aufserdem sollte die Glocke aber auch ganz unabhängig von der Windevorrichtung sogleich wieder gehoben werden können, und zwar bis zur Oberfläche des Wassers.

Fig. 237 stellt diese Glocke im Durchschnitt dar. Sie besteht wieder aus Holz und ist mit doppeltem Boden versehn, so dafs der obere Theil einen luftdicht abgeschlofsnen Raum bildet. Die Belastung besteht theils aus den vier zur Seite aufgehängten Gewichten *A*, theils aus einem in der Mitte herabhängenden Gewichte *B*. Die vier ersten sichern nur die aufrechte Stellung der Glocke, sie genügen aber, selbst wenn der obere Raum mit Wasser angefüllt ist, noch nicht vollständig, um die Glocke in der Tiefe zu erhalten, vielmehr ist hierzu noch das Gewicht *B* erforderlich. Wenn dagegen der obere Raum mit Luft erfüllt wird, so steigt die Glocke sogleich mit allen Gewichten empor. Das Gewichs *B* dient hiernach als Anker für die Glocke. Beim Herablassen wird der obre Raum mit Wasser gefüllt, indem man das Ventil *D* mit-

telst der Zugstange *C* aufstöfst, das Gewicht *B* wird aber so weit herabgelassen, dafs es einige Fufs tief unter dem Rande der Glocke hängt. Trifft man nun zufälliger Weise auf einen vorragenden Gegenstand, der ein Umschlagen der Glocke zur Folge haben könnte, so läfst man sogleich das Gewicht *B* so weit herab, dafs es den Grund berührt. Alsdann sinkt die Glocke nicht tiefer, sondern schwimmt frei im Wasser, und zwar in senkrechter Stellung und in derjenigen Höhe über dem Grunde, welche die Länge des Taues von *B* bedingt. Man kann sonach schon durch Lösung dieses Taues die Glocke bis zur Oberfläche des Wassers ansteigen lassen, aber alsdann bliebe das Gewicht *B* am Grunde liegen. Dieses wird vermieden, wenn man den obern Raum der Glocke mit Luft füllt, Letztres geschieht, sobald man den Hahn *E* öffnet. Die Luft dringt alsdann aus dem untern Raum in den obern, und wenn die Versorgung des erstern regelmäfsig fortgeht, so füllen sich bald beide mit Luft an, und die Glocke steigt mit zunehmender Geschwindigkeit herauf, indem die Luft bei Verminderung des äufsern Drucks sich ausdehnt und sonach das Wasser herausdrängt. Das Ansteigen geschieht sogar mit solcher Heftigkeit, dafs die Arbeiter von den Sitzen geworfen werden, und man mufs daher die Geschwindigkeit mäfsigen, was durch Auslassen der Luft durch den Hahn *F* möglich wird.

Im Uebrigen ist diese Glocke der Halley'schen ziemlich ähnlich. Die zwei Fenster befinden sich an den Seitenwänden, eines derselben ist bei *G* sichtbar. Die Bänke sind nicht fest, sondern hängen an Leinen, und hierzu, so wie auch zu andern Zwecken sind eine Menge Haken in dem Mittelboden angebracht. Die Versorgung mit Luft geschieht nahe in derselben Art, wie bei der Halley'scheu Glocke. Die Luftfässer haben wesentlich dieselbe Einrichtuug, nur ihre Form ist verschieden, und sie werden so wie die Glocke durch vier Bleigewichte belastet. Damit sie aber regelmäfsig neben der Glocke herabkommen, und namentlich der Schlauch mit Leichtigkeit von den Arbeitern gefafst werden kann, so befinden sich zwei Leitseile *H* neben der Glocke und sind an dem untern Rande derselben befestigt. Die Schläuche, welche aus den Fässern ausgehn, sind oben an passenden Stellen mit Ringen *I* versehn, durch welche jene Leitseile gezogen sind. Auf diese Art kommen die Schläuche unmittelbar neben der Glocke zum

Vorschein und können sonach leicht gefafst werden. Sie sind aber noch durch Hähne geschlossen, damit die Luft, namentlich wenn die Glocke steigen soll, langsam ausströmen kann.

Wenige Jahre später schlug Coulomb eine andre Einrichtung der Glocke vor, wobei diese nicht bis zu beliebiger Tiefe herabgelassen, sondern nur so weit gesenkt werden konnte, als die Bordhöhe des damit verbundnen Schiffs es gestattete. Der Apparat verwandelt sich dadurch in Taucherschiff, wovon in Folgendem die Rede sein wird.

Wichtiger ist die Aenderung, welche Smeaton 1776 in der Anordnung der Taucherglocke einführte. Er stellte sie nämlich aus Gufseisen dar, und um sie mit frischer Luft zu versehn, benutzte er statt der bisher üblichen Luftfässer eine kräftige Druckpumpe.*) Er gab ihr also diejenige Einrichtung, welche sie bis jetzt behalten hat, die auch wegen der Einfachheit und grofsen Sicherheit und Bequemlichkeit im Gebrauch den Vorzug verdient. Diese Glocke wurde zuerst beim Bau des Hafens zu Ramsgate benutzt. Sie war $4\frac{1}{2}$ Fufs lang, 3 Fufs breit, $4\frac{1}{2}$ Fufs hoch und wog 50 Centner. Zwei Mann fanden darin Platz, und die Luftpumpe befand sich in einem Boote, während die Glocke am Ausleger eines Krahns hing.

Die gegenwärtig üblichen Taucherglocken bestehn aus Gufseisen und haben mit manchen geringen Abweichungen die Fig. 239 dargestellte Form und Einrichtung. Die Glocke bildet im Grundrifs ein rechtwinkliges Viereck mit abgerundeten Ecken von 6 Fufs Länge und 4 Fufs Breite. Ihre obre Decke ist flach gewölbt und mit einer Verstärkungsrippe versehn, die sich über die ganze Länge der Glocke erstreckt. Die Höhe mifst $4\frac{1}{2}$ bis 5 Fufs. Die Wandstärke beträgt in der Decke und im obern Theil der Wände 18 Linien, unten dagegen bis 3 Zoll. Durch diese Zunahme der Wandstärke wird der Schwerpunkt tiefer herabgebracht. Eine solche Glocke wiegt durchschnittlich 100 Centner, wogegen das durch sie verdrängte Wasser nur etwa 65 Centner wiegt. Ihr eignes Gewicht genügt daher, um sie ohne fremde Belastung bis zu jeder beliebigen Tiefe herabzulassen.

*) *Reports on the late John Smeaton. Sec. edition.* Vol. II. London 1837. Seite 129.

Auf angegofsnen oder aufgeschrobnen Leisten an den schmalen Seiten der Glocke liegen die Bretter, welche zu Sitzbänken für die Arbeiter dienen. In der Mitte der langen Seiten, und zwar dicht über dem untern Rande sind eiserne Bügel aufgeschroben, welche eine dünne eiserne Platte tragen, die als Fufsbrett benutzt, während der Arbeit aber gewöhnlich ausgehoben wird, weil sie den Arbeitsraum beschränken würde. In der Decke sind zwölf Oeffnungen von 8 Zoll Durchmesser befindlich, in welche kreisrunde Glasscheiben eingekittet sind. Diese Scheiben sind $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll stark und so fest, dafs sie einen bedeutenden Druck oder Stofs sicher aushalten können. Es sind dieselben Gläser, welche man bei Seeschiffen in das Deck einkittet, um die untern Räume zu erleuchten, und sie sind so stark, dafs Ketten, Anker und selbst Kanonen darüber gezogen werden dürfen.

Unter diesen Gläsern, die auf beide Seiten gleichmäfsig vertheilt sind, befinden sich zwei Reihen Haken aus Schmiedeeisen, mittelst Schrauben befestigt, worüber gemeinhin Leinen gespannt sind, um leichte Geräthe und Utensilien anzuhängen. Häufig treten auch aus der Decke starke Haken herab, woran man Flaschenzüge befestigen und mittelst derselben schwere Gegenstände, wie Steine, Gefäfse mit Mörtel u. dgl. in der Glocke herablassen, oder nach Erfordernifs wieder aufheben kann.

Die Versorgung mit Luft erfolgt durch eine Compressions-Pumpe, die von dem Augenblicke an, wo die Glocke in das Wasser taucht, bis sie wieder vollständig herausgezogen ist, ununterbrochen in Thätigkeit erhalten wird. Diese Pumpe ist gemeinhin in gleicher Art wie eine gewöhnliche Feuerspritze aufgestellt. Sie hat zwei Stiefel und einen Luftkessel. Aus dem Letztern tritt der lederne Schlauch heraus, der etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser hält und mittelst Kautschuck-Firnifs vollkommen gedichtet ist. In seiner ganzen Länge enthält er eine spiralförmig gewundne Feder aus Draht, die das scharfe Biegen und sonach das Brechen und das Eindrücken des Schlauchs verhindert. Der Schlauch mündet in der Decke der Glocke, und zwar im Mittelpunkt derselben, wo er auf eine luftdicht eingesetzte Messingröhre gezogen ist. Die untre Mündung dieser Röhre wird durch ein Ventil geschlossen, welches durch eine schwache Feder gegen die Oeffnung gedrückt wird. Die Spannung der einströmenden Luft mufs daher so grofs sein, dafs sie auch

den Druck der Feder überwindet. Dieses Ventil verhindert aber das Ausströmen der Luft aus der Glocke und sonach die Anfüllung derselben mit Wasser, falls der Schlauch irgendwo undicht werden sollte. Die in der Glocke enthaltene Luft genügt aber für längere Zeit, so dafs bei zufälligem Bruch des Schlauchs, der sich in der Bewegung der Pumpen sogleich zu erkennen giebt, keine Gefahr für die Arbeiter entsteht, doch mufs in solchem Falle die Glocke sogleich gehoben werden.

Fig. 240 zeigt die Aufstellung der Taucherglocke bei Fundirung des verlängerten Hafendamms in Sunderland, der im Jahre 1841 ausgeführt wurde. Eine Eisenbahn ruhte auf zwei starken Balken, die von Pfählen und Böcken unterstützt wurden. Der Wagen, der die Glocke trug, war mit einer hohen und geräumigen, auf allen vier Seiten verstrebten Rüstung versehn, in welche die Glocke hineingewunden wurde, um den Wagen über die Querverbindungen der Bahn fortzuschieben. Die Windevorrichtung mit einem Schwung- und Bremsrade an der Kurbel befand sich auf demselben Wagen. Dagegen trug ein zweiter Wagen die Luftpumpe, und diese wurde Anfangs weiter zurückgestellt, beim Sinken der Glocke aber zugleich mit den darauf befindlichen Arbeitern nach und nach weiter vorgerückt, damit der Schlauch, wenn auch nicht scharf gespannt, doch immer nahe ausgezogen blieb, und sonach keine Verschlingung und keine scharfe Biegung darin entstehn konnte. Die Pumpe bestand aus zwei 9 Zoll weiten Stiefeln, die Hubhöhe der Kolben betrug 15 Zoll. Sechs Mann arbeiteten ohne Unterbrechung an der Pumpe, und man sah fortwährend die Blasen in grofser Menge an der Stelle vortreten, wo die Glocke versenkt war, indem die Luft so reichlich zugeführt wurde, dafs sie unter dem Rande abfloſs.

Die Glocke wurde jedesmal in Thätigkeit gesetzt, sobald die Fluth in den Hafen eingelaufen war, weil in dieser Zeit das Wasser die gröfste Klarheit hatte, und sonach die Arbeiter am besten sehn konnten. Gemeinhin blieb die Glocke zwei Stunden unten, doch wurde die Dauer des Aufenthalts unter Wasser, so oft es nöthig war, ansehnlich und sogar bis auf fünf Stunden ausgedehnt, ohne dafs man selbst in diesem Fall für die Arbeiter den geringsten Nachtheil besorgte. Die Glocke hatte für 4 Arbeiter Raum, doch gingen deren jedesmal nur drei herab, weil sie sich sonst bei dem

Versetzen der Steine und den andern hier vorkommenden Verrichtungen gehindert hätten. Diese bestanden aber theils im Planiren des Grundes, also im Bearbeiten des gewachsnen Felsbodens, theils im Lösen der Steinklauen, woran die Werkstücke herabgelassen waren, im Einstellen der letztern, und theils im Füllen der Stofsfugen mit Mörtel, während man für die folgenden Steinschichten auch das Mörtelbette unter der Taucherglocke vorbereitete. Die Winde, woran die Werkstücke herabgelassen wurden, stand gleichfalls auf einem Wagen auf derselben Eisenbahn und die Steine wurden damit so sorgfältig versetzt, dafs sie gemeinhin durch die in der Taucherglocke herabgehenden Arbeiter nur wenig verschoben werden durften. Uebrigens erstreckte sich die Arbeit unter der Taucherglocke nur auf einige Stein-Schichten, indem die folgenden schon während des niedrigsten Wasserstandes der Ebbe versetzt werden konnten.

In andern Fällen, wie dieses z. B. beim Bau des grofsen Hafendamms bei Dover geschah, hängt man die Taucherglocke an einen Lauf- oder Rollkrahn (§ 4), wodurch man Gelegenheit hat, sie nicht nur vor- und rückwärts, sondern auch beliebig seitwärts zu bewegen. Man erreicht hierbei den wesentlichen Vortheil, dafs die in der Glocke befindlichen Arbeiter die Signale zur passenden Bewegung der letztern geben, so dafs die Glocke genau über dem herabgelassenen Block schwebt. Letzterer wird alsdann an den Haken in der Glocke gehängt, mit ihr gehoben und sehr scharf an die richtige Stelle gebracht. Das Heben des Steins ist aber nicht schwierig, so lange er nicht in die Glocke tritt, sondern ganz im Wasser hängt, wobei er nahe die Hälfte seines Gewichts verliert.

Wenn man mit der Glocke tauchen will, so fährt man in einem Boote unter dieselbe, und nachdem sie soweit herabgelassen ist, dafs sie nahe den Rand des letztern berührt, kann man mit Bequemlichkeit hineinsteigen. Beim Einsinken in das Wasser empfindet man, wie schon erwähnt, Ohrenschmerzen, die jedoch aufhören, sobald die Luft im Innern des Körpers in dieselbe Spannung wie die äufsere versetzt ist. Diese Ausgleichung wird durch kräftiges Athmen, besonders auch durch Gähnen beschleunigt. Bei sehr langsamem Herablassen der Glocke zeigt sich diese Unbequemlichkeit nur in geringem Maafse, besonders wenn man den Körper schon daran gewöhnt hat. Beim Aufsteigen verursacht aber

die Verminderung des Luftdrucks gleichfalls Unannehmlichkeit. Sobald man die gröfste Tiefe erreicht und einige Minuten daselbst verweilt hat, hört der Schmerz auf. Die Arbeiter sind auch immer sehr bereitwillig, mit der Taucherglocke herabzugehn, da man eine geringe Zulage dafür zu geben pflegt.

Ein grofser Vorzug dieser eisernen Taucherglocken liegt darin, dafs ein mit dem Hammer dagegen geführter Schlag, selbst aus gröfsrer Tiefe, über dem Wasser deutlich gehört wird. Man kann daher, indem man einmal oder zweimal u. s. w. aufschlägt, leicht diejenigen Zeichen geben, die sich am häufigsten wiederholen. Der einzelne Schlag bedeutet gewöhnlich „mehr Luft", und das ununterbrochne Anschlagen bezeichnet irgend eine Gefahr, worin sich die Taucher befinden, worauf die Glocke schleunigst aufgewunden wird. Durch zwei, drei, vier Schläge kann man das Zeichen zu leisen Bewegungen aufwärts und abwärts, vor und zurück, rechts und links geben. Für alle andern Fälle dient wieder die Schreibtafel. Der oben stehende Aufseher hat eine dünne Leine um den Arm gebunden und hält aufserdem eine zweite in der Hand. Beide sind unter der Wand der Glocke hindurchgezogen. Die erste Leine ist an eine kleine Glocke befestigt und die andre hängt daneben. Will man sich eine Nachricht mittheilen, so schreibt man selbige auf das Täfelchen und befestigt dieses an die zweite Leine. Man zieht zunächst an der ersten, und diese Bewegung, je nachdem sie von den in der Taucherglocke befindlichen Arbeitern oder vom Aufseher ausgeht, fühlt entweder der Aufseher unmittelbar, oder sie läfst die kleine Glocke erklingen, worauf die zweite Leine angeholt und dadurch das Täfelchen mit der Nachricht herübergezogen wird.

Die Taucherglocke ist sehr vielfach angewendet, und an vielen Orten ist dieses jahrelang geschehn, so oft die Witterung es erlaubte. Nichts desto weniger sind nur wenig Unglücksfälle dabei bekannt geworden. Ein solcher ereignete sich in Sheernefs. Beim Senken der Glocke traf nämlich ihr Rand auf einen Pfahl tief unter Wasser. Die Arbeiter irrten sich mit dem Zeichen und gaben nicht das Signal zum Heben, sondern zum weitern Herablassen. Dieses wurde befolgt, die Glocke schlug um und zwei Leute ertranken, während der dritte auftauchte und gerettet wurde. Eine andre Glocke, die man versuchsweise von einem Schiff bei

Blackwall herabliefs, wurde schlecht bedient und wahrscheinlich nicht mit Luft versehn. Als die Gefahr des Erstickens augenscheinlich war, schwamm ein Arbeiter mit grofser Geistesgegenwart unter dem Rande der Glocke hindurch und brachte die Nachricht von der Gefahr, worauf seine Kameraden noch gerettet wurden.

Eine eigenthümliche Gefahr soll beim Herablassen der Glocke in starker Strömung und noch mehr während des Wellenschlags entstehn, indem sie alsdann in heftige pendelartige Schwingungen versetzt wird, und beim Berühren eines felsigen Grundes zerbrechen kann. Unter solchen Umständen darf indessen überhaupt nicht getaucht werden. In Sunderland wurde die Glocke nie herabgelassen, sobald ein stärkrer Ostwind eintrat. Man kann aber jener Bewegung einigermaafsen dadurch begegnen, dafs man die Glocke an drei Ketten hängt, deren Befestigungs-Punkte nicht in eine gerade Linie fallen, vielmehr möglichst gleich weit von einander entfernt sind.

§. 56.

Der Taucherschacht.

Sind die Arbeiten nur in geringer Tiefe unter Wasser auszuführen, so läfst sich die Glocke bequem mit einem Schiff verbinden, wodurch ihre Aufstellung sehr vereinfacht wird. Man erreicht dabei auch den Vortheil, dafs man der Glocke bedeutend gröfsre Dimensionen geben, also mehr Arbeiter darin anstellen kann.

Die erste Idee zu einer solchen Verbindung, die man ein Taucherschiff oder einen Taucherschacht nennt, rührt von Coulomb her. Die Academie zu Rouen hatte als Preisaufgabe die Beantwortung der Frage gestellt, wie die Felsen im Bette der Seine bei Quilleboeuf beseitigt werden könnten. Coulomb empfahl bei Lösung dieser Aufgabe im Jahr 1778 ein solches Taucherschiff, dessen Einrichtung den dortigen Localverhältnissen entsprechend, er speciell angab. Der Preis wurde ihm zwar zuertheilt, doch wurde damals von dieser Erfindung kein Gebrauch gemacht. Nichts desto weniger ist die Anordnung, auf die man später vielfach zurückgekommen ist, mit solcher Ueberlegung getroffen, dafs sie nicht mit Stillschweigen übergangen werden darf, und dieses um so

weniger, als dabei die ununterbrochne Zuleitung von comprimirter Luft vorgesehn wurde, während man damals den Taucherglocken noch die Luft in Fässern zuführte. *)

Fig. 238 auf Taf. XXIX. zeigt die Ansicht des Schiffs mit dem Taucherschacht. Das erste ist 25 Fuſs lang, 10 Fuſs breit, in der Mitte 13 und an den Enden 10 Fuſs hoch. Die beiden äuſsern Theile sind von dem mittleren durch wasserdichte Wände getrennt, so daſs sie nicht nur an sich schwimmen, sondern auch letztern tragen. Der Schacht ist unten offen und oben mit einer luftdicht schlieſsenden Decke versehn. In dieser Decke befinden sich drei Oeffnungen. Eine gröſsere, das Mannloch, dient zum Einsteigen der Arbeiter und wird durch einen Rahmen, in welchen starke Glasscheiben eingesetzt sind, geschlossen. Durch eine zweite Oeffnung tritt eine enge, mit einem Hahn versehne Röhre. Man öffnet den Hahn, um die comprimirte Luft herauszulassen, wenn jener Rahmen bei Beendigung der Arbeit geöffnet werden soll. Eine dritte Oeffnung steht endlich mit einem Blasebalg in Verbindung, der auf der Glocke aufgestellt ist und während der ganzen Arbeitszeit von 6 Mann in Wirksamkeit erhalten wird. Der Aufseher hat seinen Platz auf dem Schacht, und zwar neben den Fenstern, durch welche er die Arbeiter übersieht, auch durch Zeichen oder lautes Sprechen sich mit ihnen verständigen kann. Beim Beginn der Ebbe sollte das Schiff über die zu beseitigenden Felsen gebracht werden, so daſs es sich noch vor Eintritt des niedrigsten Wassers auf den Grund stellte. Nunmehr muſsten die Arbeiter einsteigen, und nachdem durch die eindringende Luft das Wasser zurückgedrängt, sollten die Verrichtungen beginnen, die so lange fortgesetzt würden, bis die Fluth das Schiff hebt, welches alsdann nach einem sichern Zufluchtsort in der Nähe gebracht werden konnte.

Dieser Vorschlag blieb lange Zeit hindurch unbeachtet, bis er 60 Jahre später mit sehr günstigem Erfolg Anwendung fand.

Der Hafen Croisic, nordwärts von der Mündung der Loire auf einer vortretenden Uferecke belegen, besteht aus einem groſsen

---

*) Die Preisschrift ist in den *Mémoires de l'Academie des sciences* 1779 bekannt gemacht, sie wurde auch ins Deutsche übersetzt unter dem Titel: Coulomb's Beschreibung eines Luftkastens. Pesth 1821.

Bassin von 2700 Morgen oder mehr als ein Achttheil Quadratmeile und ist durch eine von Norden ausgehende Landzunge gegen Wellenschlag geschützt. Die Einfahrt unmittelbar neben dem südlichen Ufer war indessen nur zur Zeit des Hochwassers zu benutzen, weil der Granit in unregelmäfsigen Kuppen sich stellenweise bis 10 Fufs über Niedrigwasser erhob, und die dazwischen liegenden tiefern Rinnen so enge und gekrümmt waren, dafs sie nur beim Aufhören der Strömung, also in der kurzen Zeit der Kenterung des Wassers von gröfsern Schiffen innegehalten werden konnten. Die Strömungen beim wachsenden oder fallenden Wasser waren aber so stark, dafs sie zeitweise die Geschwindigkeit von 10 Fufs erreichten. Bei mittlern Springfluthen beträgt der Fluthwechsel 16 Fufs.

Im Jahr 1839 wurde beschlossen, die Einfahrt bis 3 Fufs unter gewöhnlich Niedrigwasser zu vertiefen, wobei 816 Schachtruthen Felsen zu sprengen waren. Es fand sich ein General-Unternehmer für diese Arbeit, der zugleich an der Südseite der neuen Fahrrinne einen Hafendamm ausführen sollte. Letztrer wurde auch ohne Schwierigkeit erbaut, als aber 1841 mit dem Sprengen der Felsen begonnen wurde, liefsen gleich die ersten Versuche wenig Erfolg erwarten. Bei den überaus heftig eintretenden Strömungen mufste das Bohren bald unterbrochen werden, und wenn man auch die angefangnen Bohrlöcher beim Aufhören der Arbeit verstopfte, so fand man sie doch später mit Sand und Kies angefüllt. Dazu kam noch der sehr starke Verkehr mit Fischerböten und gröfsern Fahrzeugen, der nur zur Zeit des niedrigsten Wassers aufhörte. Bei unruhiger See konnte aber auch diese Zeit nicht benutzt werden, und wenn es endlich gelang, Schüsse einzubringen, so war die Wirkung derselben sehr geringe, indem bei der klüftigen Beschaffenheit der obern Lagen das Gas vielfache Spalten fand, durch welche es entwich, ohne das Gestein so zu zertheilen, dafs man die einzelnen Stücke fassen konnte.

Unter diesen Verhältnissen wurde der Vertrag mit dem Unternehmer aufgehoben und dem Ingenieur de la Gournerie die Ausführung übertragen. Derselbe setzte zunächst die Versuche zum Sprengen in gewöhnlicher Art fort. Gegen die im Anfange der Fluth oder am Ende der Ebbe beim Bohren benutzten Böte wurden aber die Fischerböte durch den Strom getrieben und es entstand eine augenscheinliche Gefahr für die Arbeiter, so dafs sich ergab,

man könne im ganzen Jahr nur etwa 10mal bei Niedrigwasser die Bohrungen mit Sicherheit vornehmen. Man stellte eiserne Stangen in die Bohrlöcher und erbaute auf diesen Rüstungen über Wasser, doch auch solche wurden von den gegenstofsenden Fahrzeugen bald zerstört, während andrerseits die Klagen über Störung und Gefährdung der Schiffahrt allgemein wurden. In dieser Weise setzte man die Arbeit einige Jahre hindurch fort. Der Cubikfufs gelösten und beseitigten Gesteins kostete mit Einschlufs der Anlagekosten 1 Thlr. 22 Sgr. Der gröfste Uebelstand war aber, dafs die Arbeit nur überaus langsam fortschritt, also ein andres Verfahren gewählt werden mufste.

Die Benutzung der Taucherglocke verbot sich, weil dieselbe mit den Schiffen, woran sie herabgelassen werden sollte, nicht immer schnell genug zu beseitigen war, auch weil nur 2 bis 3 Arbeiter darin angestellt werden konnten. In dieser Verlegenheit ging man zu Coulomb's Taucherschiff über. Manche Aendrungen wurden während des Gebrauchs darin eingeführt; hier mag dasselbe nur in seiner verbesserten Einrichtung beschrieben werden.

Das Schiff war ganz aus Eisen erbaut, 29 Fufs lang, 13 Fufs breit und 8 Fufs hoch. An beiden Enden war es halbkreisförmig abgerundet. In der Mitte befand sich die Glocke oder der Taucherschacht, der 12 Fufs lang und 9 Fufs breit war. Denselben umgab von allen Seiten ein Ballastraum von 2 Fufs Breite, worin theils der Eisen-Ballast lag, theils aber auch Wasser eingelassen werden konnte. Dieser unten cylindrisch abgerundete Raum trat 1 Fufs unter den Boden des Schiffs vor, so dafs er beim Herabsinken sich auf den Felsen aufstellte. Der Taucherschacht ragte 3 Fufs über das Deck des Schiffs hinaus, und in seiner Decke befand sich das Mannloch zum Einsteigen. Der Ballastraum war aber gleichfalls mit einer luftdicht schliefsenden Decke versehn.

Sobald das Wasser bei der Ebbe so tief gefallen war, dafs die Felsen, auf denen gearbeitet werden sollte, nur noch 7 Fufs unter Wasser lagen, so fuhr das Schiff darüber, und indem man den Wasser-Ballast einliefs, so stellte es sich auf den Grund. Da es aber bei der Unregelmäfsigkeit desselben keinen sichern Stand hatte, auch zu besorgen war, dafs es ohne anderweite Unterstützung in nachtheiliger Weise durchbiegen möchte, so wurden an einem Ende 3 und am andern 5 starke eiserne Stangen, die in Führungen

sich auf und ab bewegen liefsen, auf den Grund gestellt und festgeschroben. Nunmehr stiegen die Arbeiter, gewöhnlich 9 Mann, durch das bisher noch offne Mannloch in den Schacht, und zwar auf einen Rost, der 4 Fufs unter der Decke und in dieser Zeit gewöhnlich 1 Fufs unter Wasser lag. Sie mufsten also zunächst in gebückter Stellung im Wasser stehn, wie letztres aber herabgedrückt wurde, konnten sie bequem auf dem Roste sitzen. Sobald das Mannloch gehörig verschlossen war, setzte die auf Deck stehende Dampfmaschine die Luftpumpe in Bewegung, und dadurch wurde der Wasserstand gesenkt bis zum untern Rande des Schachtes oder dem Boden der Ballasträume. Der Rost lag 7 Fufs über dem letztern, die Arbeiter konnten also auf dem Felsgrunde aufrecht stehn. Licht empfingen sie durch 16 starke Gläser in der Decke des Schachtes, und dieses drang ziemlich ungeschwächt durch den Rost hindurch. Bei Arbeiten in der Nacht wurden aber 4 Lampen angezündet. Die Arbeitszeit dauerte ungefähr 3 Stunden, und der Aufenthalt im Schacht war keineswegs unbequem oder nachtheilig, da der Ueberdruck nur ungefähr $\frac{1}{4}$ Atmosphäre betrug.

Die Arbeit bestand theils im Lösen und Heben der getrennten Blöcke, und diese wurden auf den Rost gelegt, theils aber im Bohren der Löcher, worin später Patronen eingesetzt werden sollten. Diese Löcher konnte man nunmehr sehr sicher durch passende Stöpsel verschliefsen.

Stieg das Wasser so hoch, dafs die Schiffahrt begann und das Taucherschiff geborgen werden mufste, so begaben sich die Arbeiter wieder auf den Rost. Die comprimirte Luft wurde aber nicht aus dem Schacht frei ausgelassen, sondern man stellte durch Oeffnen eines Ventils die Verbindung des Schachtes mit dem Ballastraum dar, und die hier eintretende Verdichtung der Luft trieb einen grofsen Theil des in letzterm befindlichen Wassers durch eine Steigeröhre heraus. War dieses geschehn, so pumpte die Maschine den Rest des Wassers aus, während die gehobnen Steine, auch wohl, wenn es nöthig war, der Eisen-Ballast, in Lichter-Fahrzeuge gebracht wurde, um das Schiff möglichst zu erleichtern.

Die Patronen mit der Pulverfüllung wurden nicht im Schacht eingesetzt, sondern während des niedrigen Wassers zur Zeit der Springfluth, wo dieses sich leicht aus freier Hand thun liefs, und alsdann wurden alle Schüsse in den Löchern, die in der Zwischen-

zeit gebohrt waren, möglichst gleichzeitig entzündet. Der Granit bildete in gröfsrer Tiefe eine mehr compacte Masse. Ohne Rücksicht auf die Anschaffung des Taucherschiffs kostete dabei die Beseitigung von 1 Cubikfufs Felsen durchschnittlich nur $7\frac{1}{2}$ Sgr.*)

Bei Erbauung des grofsen Wehrs im Nil, an der Stelle, wo der Strom sich in die beiden Arme spaltet, die bei Rosette und Damiette ihren Abflufs finden, wurde etwa 10 Jahre später ein Taucherschiff benutzt. Dasselbe diente zur Ausführung des Mauerwerks. Es hatte viel gröfsre Dimensionen und war auch mit manchen neuen Einrichtungen versehn, welche die Benutzung wesentlich erleichterten. Das Schiff war 105 Fufs lang und 33 Fufs breit. Der Schacht, der 400 Quadratfufs im horizontalen Querschnitt hielt, war nicht mit dem Schiffe fest verbunden, sondern konnte bis 15 Fufs unter den Boden desselben versenkt werden. Um ohne Unterbrechung der Arbeit die nöthigen Materialien hineinzubringen, und um zugleich den Ein- und Ausgang für Personen zu ermöglichen, war er mit einer Luftschleuse versehn, wie solche im ersten Theil dieses Handbuchs § 8 und § 50 beschrieben ist. In diesem Schacht befanden sich zuweilen gleichzeitig bis vierzig Arbeiter.**)

Auch bei den Sprengungs-Arbeiten am Rhein im Coblenzer Regierungs-Bezirk, von denen oben (§ 53) die Rede war, werden beständig mehrere Taucherschiffe oder vielmehr solche Fahrzeuge benutzt, die mit einem Taucherschacht versehn sind. In ihrer Construction und Anordnung haben sie nach und nach manche Aendrungen erfahren. Das neuste derselben, dessen Maschine nebst sonstigen Eisentheilen in der Kühnle'schen Maschinenfabrik in Frankenthal erbaut wird, ist Taf. XXXI. Fig. 246 *a* in der Seitenansicht, *b* in der Ansicht von oben und *c* im Querschnitt durch die Mitte des Schachtes dargestellt.

Das in Holz gebaute flache Fahrzeug ist 90 Fufs lang, 18 Fufs breit und in der Mitte mit einer quadratischen, rings umher wasserdicht abgeschlofsnen Oeffnung versehn, in welcher der Schacht hängt und beliebig gehoben und gesenkt werden kann.

---

*) Vorstehende Mittheilungen sind entnommen aus den *Annales des ponts et chaussées.* 1848. I. pag. 261.

**) Förster's allgemeine Bauzeitung. 1858 Jahrgang XXIII. Seite 109.

Zur Feststellung des Schiffs dienen drei Ankerwinden, die auf dem Vordertheil stehn, und von denen zwei die Taue der seitwärts ausgebrachten Anker anspannen, während mäfsige Seitenbewegungen durch das Ruder ertheilt werden können. Die passende Stellung wird durch seitwärts ausgebrachte Schurbäume gesichert. Ein starkes hölzernes Gerüst, dessen Construction sich aus der Zeichnung ergiebt, trägt den Schacht, und hinter demselben steht ein leichtes Gebäude, worin sich die Dampfmaschine, die Pumpe, das Räderwerk und eine kleine Werkstatt befinden.

Der Schacht, den Fig. 247 *a* im verticalen und *b* im horizontalen Querschnitt in gröfserm Maafsstabe zeigt, ist in cylindrischer Form aus starkem Eisenblech zusammengenietet. Seine Höhe mifst in der Seitenfläche 21 Fufs und sein Durchmesser 10½ Fufs. Seine Decke, die ein Kugel-Segment bildet, erhebt sich in der Mitte 9 Zoll über den Rand. Der Fufs wird durch eine starke kreisförmige Schiene gebildet, an welche die Bleche angeniethet sind.

6 Fufs unter der Decke befindet sich ein horizontaler Boden, der nur die Einsteige-Oeffnung in den untern Theil des Schachtes offen läfst. Ueber demselben sind zwei von einander getrennte Luftschleusen angebracht. Jede derselben ist mit je zwei einander gegenüberstehenden, luftdicht abzuschliefsenden Thüren von 4 Fufs Höhe und 1¼ Fufs Breite versehn. Im obern, wie im untern Raum befinden sich mehrere mit starkem Glase geschlofsne kreisrunde Oeffnungen, welche in der Regel das erforderliche Licht einlassen. Eine senkrecht stehende Leiter führt bis zum Grunde herab, und der Leiter gegenüber kann unten noch eine Klappe niedergeschlagen werden, die wenig über dem Wasser schwebt. Aufserdem sind darüber zwei starke Stangen hindurchgezogen, auf welche nach Bedürfnifs Bretter gelegt werden, um darauf die ausgehobnen Steine abzulegen.

Ueber die Mittellinie des Schachtes ist ein starker eiserner Träger geniethet, der sich zu beiden Seiten noch etwas fortsetzt, wie Fig. 246 *c* zeigt. An diesen sind die zwei Ketten befestigt, woran der Schacht hängt, und woran er auch, wenn er mit Luft gefüllt ist, tiefer in das Wasser herabgezogen werden kann. Damit er aber im letzten Falle sich nicht schräge stellt und aufschwimmt, so sind noch, wie Fig. 247 *b* zeigt, an zwei gegenüber-

stehenden Seiten je zwei mit vortretenden Rändern versehene Schienen angeniethet, die von den Rillen der in Fig. 246 *a* dargestellten und an der Rüstung befestigten Rollen gefafst werden. Auf diese Art wird der Schacht in jeder Höhe sicher gehalten.

Eine der erwähnten Vaucansonschen Ketten, deren Glieder abwechselnd aus einer und zwei Scheiben bestehn, ist Fig. 246 *a* durch die starke Linie bezeichnet. Sie ist über drei Räder geführt, woran sich die Daumen befinden, welche in die Glieder eingreifen. Das eine dieser Räder befindet sich im Maschinengebäude und wird mittelst zweier Vorgelege übereinstimmend mit demjenigen an der andern Seite liegenden durch die Dampfmaschine in einer oder der andern Richtung gedreht, wobei der Schacht sich langsam hebt oder senkt. Die beiden andern Rollen dienen nur zur Ueberführung der Kette, sind aber gleichfalls mit Daumen versehn, welche in die Glieder eingreifen.

Ueber die Luftpumpe, die von der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, ist nichts zu erwähnen. Die comprimirte Luft tritt auf der Giebelseite des Hauses unter dem First durch einen flexiblen Schlauch den Luftschleusen gegenüber in den obern Theil des Schachts. Vor der Ausströmungs-Oeffnung befindet sich ein Ventil, das sich nur öffnet, wenn der Druck der zugeführten Luft stärker ist, als der im Schacht eingeschlofsnen.

Die Arbeiter treten von dem Vordertheil des Fahrzeugs mittelst angestellter Leitern durch die Luftschleusen in den Schacht. Letztrer wird bis auf den Grund herabgelassen, doch trifft er nicht immer auf die passende Stelle, wo der Felsen bereits gesprengt ist. Er wird alsdann wieder etwas gehoben und das Fahrzeug nach den Signalen der Arbeiter vor oder rückwärts oder seitwärts bewegt, bis die zu hebenden Steine sich in der Mitte des Schachtes befinden. Man läfst aber den Schacht gemeinhin nicht unmittelbar auf dem Grunde aufstehn, sondern hebt ihn etwas, so dafs er wenig darüber frei schwebt, weil er sonst auf den scharfen Steinen bei den unvermeidlichen Bewegungen leicht beschädigt werden könnte. Von den abgesprengten Steinen liegen gewöhnlich nur einzelne so frei, dafs man sie unmittelbar abheben kann, der gröfste Theil ist zwischen die umgebende Felsmasse noch fest eingeklemmt, und man mufs mit Brechstangen die Stücke herauswuchten. Oft sind diese auch so schwer, dafs sie sich nicht bequem forttragen

lassen, in welchem Falle sie noch zerschlagen werden müssen. Zunächst werden die ausgehobnen Steine auf die erwähnten Bretter gelegt, sodann auf den obern Boden des Schachtes und von hier in eine der Luftschleusen getragen, von wo man sie auf das Deck des Fahrzeugs bringt. Eine auffallende Erscheinung ist es, dafs der Strom von der abgesprengten Masse nichts fortführt. Die am Ufer aufgeschachteten Steine stellen nach Abzug der darin befindlichen Zwischenräume sehr genau die im Strombett ausgehobne Masse wieder dar.

Zu den Taucher-Apparaten mufs endlich noch eine Vorrichtung gezählt werden, die Thunberg beim Bau des Hafens von Carlscrona benutzte, mittelst deren man gleichfalls bis 20 Fufs tief herabsteigen und die Untersuchung des Meeresgrundes, so wie der unter Wasser ausgeführten Arbeiten vornehmen konnte. Dieser Apparat ist aber wesentlich von den Taucher-Apparaten verschieden, indem der verschlofsne Raum durch einen wasserdichten Boden vom Meeresgrunde getrennt bleibt, und die Luft, die ihn füllt, mit der Luft an der Oberfläche des Wassers in Verbindung steht, und daher nicht stärker als diese gespannt ist. Ein hohes Fafs ist unten mit einem Boden und über demselben mit Oeffnungen versehn, in welche Glasscheiben eingesetzt sind, wie Fig. 241 *a* in der Seitenansicht und im Durchschnitt und *b* im Grundrifs zeigt. Seine ganze Höhe maafs 23 Fufs und seine lichte Weite nahe 3 Fufs. Es war in gewöhnlicher Art aus hölzernen Dauben zusammengesetzt und mit starken eisernen Reifen umgeben. Zum Herabsteigen diente eine Leiter im Innern, deren Sprossen an die Wände genagelt waren. Nahe 4 Fufs über dem Boden waren vier starke Glasscheiben von der Gröfse eines Thalerstücks eingesetzt, durch welche man rings umher die Untersuchung vornehmen konnte. Der Apparat liefs sich indessen ohne Anwedung schwerer Gewichte weder tief versenken, noch auch sicher in der senkrechten Stellung erhalten. Zu diesem Zweck waren am untern Ende zwei starke Felgenkränze darumgelegt, zwischen welchen der in passender Form gegofsne Eisenballast eingefügt wurde. Dieser wurde aber durch eine zweite Wand gehalten, die wieder aus Fafsdauben bestand. Letztre war nur durch umgewundne Taue verbunden, da ein wasserdichter Verschlufs hier entbehrlich war. Der Ballast wog gegen 8000 Pfund, doch legte man einen Theil desselben flach

auf den Boden, um nach Beendigung der Untersuchung den Apparat soweit zu erleichtern, dafs er sich hob und schwimmend auf eine andre Stelle gebracht werden konnte.

Thunberg benutzte zu gleichem Zweck noch ein andres Instrument, das auch später vielfache Anwendung gefunden hat. Dieses ist das sogenannte Wasser-Fernrohr, mit welchem man gleichfalls, jedoch nur in mäfsiger Tiefe, die Untersuchung des Grundes und andrer Gegenstände unter Wasser vornehmen kann. Das Wasser ist nicht leicht so klar, dafs man ohne besondre Apparate hindurchsehn und in einiger Tiefe noch die Gegenstände deutlich erkennen kann. Zuweilen ist dieses allerdings der Fall. So wird man beim Befahren der Seen, welche durch Gletscherwasser gespeist werden, überrascht von der Durchsichtigkeit des Wassers. Auf dem Königs-See im Salzburgschen kann man zuweilen die Felsufer tief unter Wasser deutlich verfolgen und ihre Formen genau erkennen. Auch der Ocean besitzt, wenn er lange Zeit hindurch nicht durch Stürme aufgeregt war, diese Klarheit, so dafs man herabgeworfne Gegenstände, die niedersinken, mehrere Minuten hindurch in allen ihren Bewegungen deutlich wahrnehmen kann. Die Ströme, und namentlich die Gebirgsströme, die zur Zeit der Dürre aus klaren Bächen gespeist werden, lassen häufig in der Tiefe von 3 bis 5 Fufs noch deutlich den Grund erkennen. In der Saar ist diese Erscheinung sehr gewöhnlich, auch in der Mosel und Ruhr bemerkt man sie zuweilen.

Im Allgemeinen kann man indessen ohne besondre Apparate gar nicht, oder doch nur in sehr mäfsiger Tiefe die unter Wasser befindlichen Gegenstände erkennen. Zum Theil rührt dieses davon her, dafs das Auge bei dem starken Licht, welches es aufnimmt, für die schwachen Eindrücke der weniger erleuchteten Gegenstände nicht empfänglich ist. Man kann aber leicht diese Empfänglichkeit wieder herstellen, wenn man das starke Licht der nächsten Umgebungen abschliefst. So gelingt es häufig, deutlich im Wasser zu sehn, wenn man nur irgend eine Röhre mit dem untern Ende ins Wasser taucht und das Auge dicht über die Oeffnung legt. So lange das Auge noch von den frühern Eindrücken geblendet ist, sieht man freilich wenig, aber etwa nach einer Minute treten die Gegenstände scharf hervor. Ich habe auf diese Weise häufig bis auf 12 Fufs Wassertiefe den Grund am Rande der Ostsee deut-

lich sehn können, während es unmöglich war, ohne die Röhre irgend einen Gegenstand zu unterscheiden.

Das Wasser mufs indessen schon sehr klar sein, wenn dieser Versuch gelingen soll, denn alle Körper, die im Wasser schwimmen, wie fein sie auch sein mögen, werden erleuchtet und absorbiren das Licht so stark, dafs es in geringer Tiefe nicht mehr hinreichende Stärke hat, um die Gegenstände erkennen zu lassen. Ein andres, viel kräftigeres Mittel zur Erleichterung das Sehns unter Wasser besteht sonach darin, dafs man Letztres nicht in die Röhre hineintreten läfst, durch welche man hindurchsieht, und zwar wird der Erfolg um so vollständiger sein, je dünner die übrig bleibende Wasserschicht ist, welche der Lichtstrahl durchdringen mufs. Hierauf beruht die Einriehtung des Wasser-Fernrohrs. Thunberg construirte es aus Holz, wie Fig. 242 zeigt. Am untern Ende war es durch eine luftdicht eingesetzte, starke und reine Glasscheibe geschlossen, damit diese aber nicht etwa beim Gebrauch auf irgend einen Gegenstand gestofsen und beschädigt würde, traten drei an das Rohr angebundne hölzerne Arme vor die Scheibe vor. Zum Herablassen diente endlich ein schwerer Bleiring.

Wenn man das Wasser-Fernrohr in strömendem Wasser benutzen will, so kann man es nicht füglich an dem über das Wasser vortretenden Theil sicher festhalten, man mufs alsdann noch zwei an Charnieren befestigte Lenkstangen am untern Ende anbringen und diese durch zwei Arbeiter halten lassen. Diese Stangen müssen sich aber in zwei Ebnen bewegen, die sich nahe rechtwinklig schneiden.

Man pflegt gegenwärtig das Wasser-Fernrohr aus Blech zu construiren. In Frankreich hat man dabei noch die Aenderung eingeführt, dafs die Glasscheibe nicht unten, sondern oben eingesetzt wird. Die geringre Gröfse, welche sie in diesem Fall erhält, ist zwar ein Vorzug, dagegen tritt hierbei das Wasser von unten in die Röhre und füllt sie zum Theil an, wodurch die Deutlichkeit leidet.

Zehnter Abschnitt.

Schiffahrts-Anlagen.

§. 57.

Die Flufsschiffahrt.

Die Regulirung der Ströme hat häufig und sogar in den meisten Fällen keinen andern Zweck, als die Erleichterung und Ausdehnung des Schiffahrts-Betriebes. Es ist daher von den Erfordernissen der Schiffahrt bereits die Rede gewesen (§ 20), doch gehören dazu auch andre Anlagen und bauliche Ausführungen, die der eigentlichen Stromregulirung fremd sind, und daher besonders behandelt werden müssen.

Die Wichtigkeit der Flufsschiffahrt bedarf keiner nähern Auseinandersetzung. Die Ströme sind natürliche Strafsen, die das Binnenland mit dem Meer verbinden, Die Kosten der Anlage und Unterhaltung der Stromregulirungswerke sind oft allerdings sehr bedeutend, aber gemeinhin stellen sie sich als geringfügig heraus, wenn man sie mit denen der sonstigen Communications-Mittel vergleicht.

Der Umstand, dafs die Schiffe, welche dem Strom folgen oder in der Thalfahrt begriffen sind, keiner äufsern Kraft zu ihrer Bewegung bedürfen, ist nicht immer als Vortheil zu betrachten, denn ihre Zurückführung gegen den Strom oder die Bergfahrt ist aus demselben Grunde um so beschwerlicher. Dazu kommt noch der Uebelstand, dafs das Schiff, welches mit dem Strom treibt, sich nur wenig schneller bewegt, als das umgebende Wasser (§ 16), und daher die Wirkung des Steuers sehr gering bleibt, so dafs scharfe Wendungen mit alleiniger Benutzung desselben sich nicht ausführen lassen. Soll es daher in der Thalfahrt durch ein gekrümmtes Fahrwasser geführt werden, so mufs man andre Mittel benutzen, die theils grofsen Kostenaufwand erfordern, theils aber sehr zeitraubend sind.

Der Nachtheil des erschwerten Zuges bei der Bergfahrt verschwindet grofsentheils in denjenigen Fällen, wo die Frachten sich nur in der Richtung des Stroms bewegen, oder die Schiffe leer heraufgehn. Dieses ist im Verkehr mit mineralischen Producten der gewöhnliche Fall. So gehn die Steinkohlen auf der Ruhr und Saar und das Salz auf der Traun immer stromabwärts. Auch Getreide, Holz und andre rohe Producte bewegen sich gemeinhin in der Richtung des Stroms oder nach dem Meer hinab. Das Holz wird aber in den meisten Fällen gar nicht in Schiffe verladen, sondern schwimmt zu Flössen verbunden, oder lose in einzelnen Scheiten den Flufs herab. Die Bergfahrt besteht im letzten Fall gar nicht. Doch auch beim Transport des Getreides tritt bei rohem Schiffahrtsbetriebe und auf grofsen Strömen nicht selten ein ähnliches Verhältnifs ein. Getreide, Hanf, Oel und andre Producte, die auf der Weichsel und auf dem Memelstrom aus Rufsland nach den Preufsischen Ostseehäfen herabkommen, sind grofsentheils auf Fahrzeugen verladen, welche nur eine einzige Fahrt machen, und sobald sie den Seehafen oder die Grenze der Seeschiffahrt erreicht haben, zerschlagen und als Brennholz oder Bauholz verkauft werden. Auf der Düna geschieht dasselbe und zum Theil auch auf dem Missisippi.

Das wichtigste Erfordernifs der Schiffahrt ist eine genügende Wassertiefe, und die Wohlfeilheit der Frachten ist vorzugsweise durch sie bedingt. Die Anlage- und Betriebskosten für gröfsre und kleinre Schiffe sind allerdings sehr verschieden, aber keineswegs in demselben Verhältnifs, wie ihre Tragfähigkeit abnimmt. Daher kann ein gröfsres und tiefer beladnes Schiff wohlfeiler transportiren, als ein kleinres, und man mufs bei der Schiffbarmachung eines Stroms immer von der Absicht ausgehn, die Anwendung möglichst grofser und möglichst tief gehender Schiffe zu befördern. Es kommt hierbei aber natürlich nicht auf einzelne kürzere Strecken an, denn der Vortheil verschwindet, wenn stellenweise umgeladen, oder ein selten wiederkehrender höherer Wasserstand abgewartet werden mufs. Es ist vielmehr nothwendig, dafs auf dem ganzen Wege, welchen die Producte oder Waaren zurücklegen, ohne Ausnahme die erforderliche Wassertiefe vorhanden.

Auf den meisten Strömen findet die Schiffahrt bei gewissen höhern Wasserständen keine Hindernisse, wohl aber treten solche

zur Zeit der anhaltenden Dürre ein. Zuweilen ist alsdann der Schiffahrtsbetrieb auch ganz unterbrochen, wie auf der obern Ruhr und der Saar unterhalb Saarbrücken. In manchen Fällen und namentlich, wenn es mehr auf wohlfeile, als auf schnelle Beförderung ankommt, pflegen die Schiffer auch bei kleinem Wasser grofse Ladungen anzunehmen und höhere Wasserstände abzuwarten, weil ohnerachtet der längren Dauer der Reise dennoch die Transportkosten sich dabei billiger stellen.

Die höchsten Wasserstände, wenn sie auch nicht mit Eisgängen zusammentreffen, sind für die Schiffahrt nicht nutzbar. Die Bergfahrt wird dabei durch die starke Strömung und durch die Ueberfluthung der Leinpfade sehr erschwert, und die Thalfahrt ist alsdann nicht nur wegen der Heftigkeit des Stroms, sondern auch wegen der weiten Verbreitung der Inundation mit vielfachen Gefahren verbunden, besonders, wenn die Ufer überfluthet werden und man das eigentliche Strombett nicht mehr mit Sicherheit erkennen kann. Auch wird das Anhalten der Schiffe und das Anlegen derselben an die Ufer alsdann so beschwerlich und unsicher, dafs man schon aus diesem Grunde sie dem Strom nicht überlassen mag. Nur Dampfschiffe, deren Maschinen kräftig genug sind, um den Strom zu überwinden, setzen, wenn auch nicht beim allerhöchsten Wasser, doch während sehr hoher Wasserstände noch die Fahrten fort.

Im Allgemeinen ist die Schiffahrt wegen der zulässigen stärkern Ladung am vortheilhaftesten, wenn der Strom nahe bordvoll ist, oder die Ufer so eben noch trocken sind. Man darf aber nicht voraussetzen, dafs die Schiffe in gleichem Maafse um so tiefer beladen werden dürfen, als das Wasser steigt. Die stärkre Strömung erlaubt nicht mehr das genaue Einhalten der tiefsten Rinne, und oft verflacht sich diese auch bei bem höhern Wasser. Gemeinhin stellt sich das Verhältnifs annähernd in der Art heraus, dass bei dem Steigen des Wassers um einen Fufs, der Tiefgang der Schiffe um 9 Zoll vergröfsert werden darf.

Auf nicht regulirten Strömen sind die Schiffe gemeinhin übermäfsig stark gebaut, auch wohl mit doppelten Böden versehn, um beim Festfahren auf Sand- und Kiesbänke und beim Aufstofsen gegen Steine und Baumstämme nicht leck zu werden. Sobald durch Strom-Regulirung diese Gefahr beseitigt oder wesentlich

vermindert ist, hört auch das Bedürfnifs der schweren Bauart auf und leichtere Schiffe finden Eingang, die an sich weniger tief eintauchen, und bei gleichem Tiefgang mehr laden, als die ältern. Die sogenannten Böcke, die in früherer Zeit auf der Weser ausschliefslich benutzt wurden und auch jetzt noch daselbst im Gebrauch sind, tauchen leer 15 bis 18 Zoll, oder durchschnittlich 16 Zoll ein, und laden auf jeden Zoll Einsenkung etwa $1\frac{1}{8}$ Last. In neuerer Zeit hat dagegen eine andre Bauart Eingang gefunden, welche derjenigen der Lippe-Schiffe ähnlich ist. Letztre unterscheiden sich von den Böcken besonders durch gröfsre Breite und leichtern Bau. Sie gehen leer nur 10 Zoll tief und laden auf jeden Zoll Einsenkung ungefähr $2\frac{3}{4}$ Last. Bei der Einsenkung von 3 Fufs konnten daher die alten Schiffe nur 36 Last laden, während die neuern mit 62 Last befrachtet werden.

Durch Regulirung eines Stroms wird abgesehn von der Vertiefung des Fahrwassers noch auf andre Art die Vergröfserung der Ladungen zulässig. Eine stark gekrümmte und dabei zugleich enge Rinne kann nicht mit Sicherheit verfolgt werden. Namentlich ist dieses während der Thalfahrt der Fall, aber auch bei der Bergfahrt ist der Schiffer oft nicht im Stande, die tiefste Rinne inne zu halten, wenn dieselbe stark von der Richtung des Leinenzuges abweicht. Damit nämlich die Leine, die immer in derjenigen Richtung zieht, in welcher sie gespannt ist, das Schiff nicht gegen das Ufer treibt, mufs das Steuerruder soweit umgelegt werden, dafs das Schiff in jedem Augenblicke sich eben soweit vom Ufer entfernt, als es durch die Leine heranzogen wird. Hierdurch nimmt es häufig eine sehr schräge Stellung gegen den Strom an, die nicht nur einen verstärkten Zug bedingt, sondern auch eine grofse Breite des Fahrwassers erfordert, die oft nicht vorhanden ist. Dabei ist noch der Umstand von grofser Wichtigkeit, dafs das Schiff in solchem Fall durch die am Mast befestigte Leine sich seitwärts neigt. Der flache Boden, der beim freien Schwimmen horizontal ist und daher an beiden Seiten sich in gleicher Tiefe unter dem Wasserspiegel befindet, neigt sich zugleich mit dem Schiff stark seitwärts und taucht an der Seite, welche dem Leinpfade zugekehrt ist, 4 bis 6 Zoll tiefer ein, als bei horizontaler Lage. Hierdurch erklärt es sich, dafs die Schiffer auf nicht regulirten Strömen die

Fahrzeuge weniger tief beladen, als die vorhandne Wassertiefe zu gestatten scheint.

Wird sonach die Regulirung eines bisher sich selbst überlafsnen Stroms vorgenommen, so vergröfsert sich der nutzbare Tiefgang der Schiffe in dreifacher Beziehung. In Folge der verbesserten Bauart der Schiffe und der Richtung der Fahrrinne gewinnt man oft einen vollen Fufs, und wenn aufserdem die Wassertiefe in der Fahrrinne sich noch vergröfsert, und auf den flachsten Stellen vielleicht um einen halben Fufs zunimmt, so stellt sich ein Resultat heraus, welches den entschiedensten Einfluſs auf die Schiffahrt und die Frachtsätze äufsert. Der erste Beginn einer Stromregulirung pflegt auch gemeinhin zu günstigen und zuweilen sogar zu überraschenden Erfolgen zu führen. Doch haben diese im Allgemeinen ihre sehr bestimmten Grenzen und lassen sich nicht entfernt so weit ausdehnen, als die Anforderungen des Publicums gehn. Die Wassermenge, die der Strom abführt, läfst sich nicht vergröfsern, woher die Darstellung und Erhaltung beliebiger Tiefen durch die Strömung unmöglich ist (§ 20).

Die hinreichende Tiefe ist indessen nicht das einzige Erfordernifs eines sichern und bequemen Fahrwassers. Aufserdem mufs dasselbe gehörige Breite haben und von scharfen Krümmungen frei sein. Endlich aber dürfen darin keine zu starke Stromschnellen vorkommen. Nicht selten vereinigen sich an einzelnen Stellen diese sämmtlichen Mängel, und die Abhülfe ist alsdann am dringendsten. Wenn die seitwärts eintretenden Nebenflüsse vor ihren Mündungen hohe Sand- und Kiesbänke aufwerfen, so ist die Fahrrinne bei kleinem Wasser gemeinhin gekrümmt und flach, und oft auch sehr schmal. In Folge dieser Beschränkung des Profils kann die ganze Wassermenge des Stroms nicht hindurchfliefsen, ohne davor hoch anzuschwellen, bis die entsprechende Geschwindigkeit sich darstellt. Auf diese Art entsteht das starke Gefälle und die heftige Strömung, wodurch die Bergfahrt erschwert und die Thalfahrt gefährdet wird. Besonders wird die Gefahr sehr grofs, wenn Felsbänke in solchen Stromschnellen liegen oder felsige Ufer vortreten. Es ist bereits oben (§ 27) erwähnt worden, wie unter solchen Umständen für Erleichterung der Schiffahrt gesorgt werden kann. Dabei ist jedoch immer auf die passende Lage des Leinpfades Rücksicht zu nehmen.

In manchen Fällen stellt man den zum Schiffahrts-Betrieb, und zwar vorzugsweise für die Thalfahrt, erforderlichen Wasserstand nicht dauernd, sondern nur für sehr kurze Zeit dar, indem aus dem Oberwasser einer Mühle oder einer sonstigen Stau-Anlage plötzlich ein starker Erguſs erfolgt, der eine hohe Fluthwelle erzeugt. Diese hebt die zur Abfahrt bereit liegenden Schiffe, und indem sie stromabwärts fortschreitet, so reiſst sie die Schiffe mit sich, und letztere finden die erforderliche Fahrtiefe, so lange sie sich auf dem Scheitel der Fluthwelle halten.

Zur Erleichterung der Holzflösserei sind dergleichen künstliche Anschwellungen auch in Deutschland üblich, in manchen Gegenden beruht darauf die Flösserei sogar ausschlieſslich. Im Schiffahrts-Interesse ist dieses Verfahren bei uns ziemlich selten, weil dessen Benutzung nur unter besondern Umständen möglich ist. Zunächst muſs nämlich der Frachtverkehr nur stromabwärts gerichtet sein, sodann muſs eine Stau-Anlage bestehn, durch welche man bei kleinem Wasser die Zuflüsse ansammeln und plötzlich dem Strom zuweisen kann, auch muſs das Bett in der ganzen zu befahrenden Strecke ziemlich geschlossen bleiben, da bei groſser Verbreitung desselben die Anschwellung nicht mehr die erforderliche Höhe erreichen würde. In Preuſsen giebt es ein Beispiel von dieser Art des Schiffahrts-Betriebs. Die Berkel ist von Vreden bis zum Niederländischen Grenze so unbedeutend, daſs man ihre Beschiffung kaum für möglich halten sollte. Der gänzliche Mangel an fahrbaren Straſsen und der Werth der nach Holland in groſser Menge gehenden Waaren, vorzugsweise Töpferwaaren, die in Vreden und der Umgegend fabricirt werden, haben indessen seit langer Zeit das in Rede stehende Mittel versuchen lassen, und es wird von demselben regelmäſsig mehrmals im Jahre Gebrauch gemacht. In neuerer Zeit ist durch die Anlage einer Stauschleuse der Verker etwas erleichtert. Ich will mit der Beschreibung des früher hier üblichen Verfahrens den Anfang machen, doch ist es nothwendig, die localen Verhältnisse, soweit sie hierbei in Betracht kommen, vorher anzudeuten.

Bei Vreden liegt eine bedeutende Mühle, die von der Berkel betrieben wird und etwa 12 Fuſs hoch das Wasser aufstaut. Weiter unterhalb, bis zur Niederländischen Grenze, befindet sich keine Mühlen-Anlage an diesem Fluſs. Das Bett der Berkel ist 16 bis

20, stellenweis auch wohl 24 Fufs breit und, wo es nicht höhere Ufer berührt, etwa 3 Fufs im Wiesengrund eingeschnitten. Der gewöhnliche Wasserstand darin beträgt weniger als 1 Fufs und stellenweise mifst die Tiefe nur einige Zolle. Für die Regulirung des Flusses war bisher nichts geschehn, woher derselbe fortwährenden Veränderungen unterworfen blieb. Die Ufer sind überall sandig. Sobald der Anfall des Stroms sie trifft, stürzen sie ein, aber in gleichem Maafse bildet sich gegenüber auch Verlandung, woher die Breite keine dauernde Veränderung erleidet. Die Niederländische Grenze ist etwa 1½ Meilen von Vreden entfernt, und das Gefälle beträgt für diese Strecke nahe 40 Fufs. Nicht weit unterhalb der Grenze bei Eiberge befindet sich eine Stauschleuse, welche bis zur Landesgrenze zurückstaut, woher die Schiffe von hier ab hinreichendes Fahrwasser antreffen.

Die Schiffe sind ziemlich roh mit senkrechten Seitenwänden und in derselben Form gebaut, wie man sie in den südlichen Provinzen von Holland auf kleinen Gewässern gewöhnlich sieht. Sie sind ohne das Steuer 36 Fufs lang, an der Stelle, wo der Mast steht, 7 Fufs breit, doch ist die Breite der hintern Hälfte bedeutend geringer. Sie tauchen, wenn sie beladen sind, etwa 2 Fufs tief ein und laden alsdann gegen 200 Centner.

Diese Fahrzeuge hebt man, nachdem sie zur Zeit des höheren Wassers bis Vreden zurückgebracht sind, aus dem Flufsbett, und stellt sie neben demselben auf den Wiesengrund auf. Sie werden hier beladen, da sie im Flufsbett doch nicht schwimmen würden, und sonach daselbst mehr, als auf der Wiese leiden könnten, wo man für ihre gleichmäfsige Unterstützung sorgen kann. Sobald dreifsig bis vierzig Schiffe in dieser Weise beladen sind, wird dem Müller das Wasser einer Schleusung abgekauft. Er öffnet an dem zur Abfahrt bestimmten Tage Morgens die Freiarche und läfst etwa eine Stunde hindurch das Oberwasser abfliefsen. Am Abend vorher begeben sich alle Schiffer, deren Zahl nur halb so grofs ist, als die der Schiffe, an eine nicht weit abwärts belegne Stelle des Flufsthals, wo dasselbe besonders enge ist und zu beiden Seiten von höhern Ufern eingeschlossen wird. Diese Stelle des Thals wird gesperrt. Eine Bohle, die man auf die hohe Kante legt, schliefst zuerst das Bett. Rasen werden zu beiden Seiten dagegen gepackt, und wenn die Packung hinreichende Höhe hat, so legt

man auf die erste Bohle eine zweite, packt wieder Rasen davor und schüttet auch wohl Sand dagegen, bis man einen Damm von 5 bis 6 Fuſs Höhe dargestellt hat, der nicht nur das Fluſsbett, sondern auch das Thal sperrt. Indem der Abfluſs des Wasser auf solche Art gehemmt wird, so fängt schon während der Nacht einige Stauung an, doch erreicht sie erst die nöthige Höhe, wenn am Morgen die Schütze der Freiarche geöffnet werden. Die ganze Wiese bis zum Damm verwandelt sich in einen See, und die Schiffe, die darauf stehn, fangen an zu schwimmen. Man schiebt sie möglichst schnell und möglichst nahe zusammengedrängt gegen den Damm, und sobald sie sich demselben nähern, wird er durchstochen und von dem überstürzenden Wasser auch sogleich zerstört. Der heftige Strom, der sich bildet, reiſst die Schiffe mit sich fort, und es kommt darauf an, sie immer im Treiben und im stärksten Strom zu erhalten. Ein Schiff, das vielleicht festfährt, ist gewöhnlich nicht mehr schnell genug flott zu machen, es wird daher sogleich verlassen und bleibt auf der trocknen Wiese stehn, bis es nach mehreren Wochen oder Monaten bei der nächsten Schleusung seine Reise fortsetzen kann.

Aehnlich ist der Schiffahrtsbetrieb auf manchen kleinen Flüssen in Frankreich, doch wird derselbe hier durch die beweglichen Wehre wesentlich erleichtert. Letztere sind in solchen Abständen von einander ausgeführt, daſs der Stau eines jeden die für leere Schiffe erforderliche Tiefe in der nächsten obern Fluſsstrecke darstellt, wodurch die Möglichkeit geboten wird, leere Schiffe wieder heraufzubringen. In Zwischenzeiten von zwei bis drei Wochen wird gewöhnlich eine Fluthwelle herabgelassen oder eine Schleusung (éclusée) bewirkt, indem man alle Wehre nach und nach öffnet. Die sämmtlichen Schiffe, welche die Fahrt machen sollen, müssen gleichzeitig zur Abreise fertig sein, alsdann spannt man in der obersten Haltung das Wasser durch vollständigen Verschluſs des Wehrs einen oder mehrere Tage hindurch an, bis die Schiffe schwimmen und gegen das Wehr geführt sind. Dieses wird alsdann geöffnet und die Schiffe treten mit der Fluthwelle zugleich in die zweite Haltung. Die daselbst befindlichen Schiffe vereinigen sich mit ihnen und nähern sich dem zweiten Wehr, das alsdann gleichfalls geöffnet wird und so fort. Hierbei findet der groſse Vortheil statt, daſs die Fluthwelle nicht ununterbrochen und gleichmäſsig

fortschreitet, sondern bei jedem Wehr angehalten wird, und sonach die etwa zurückbleibenden Schiffe Gelegenheit haben, die übrigen wieder einzuholen.

Will man gröfsere Kosten auf die Anlage verwenden, so läfst sich der für die Schiffahrt erforderliche Wasserstand dauernd erhalten, wenn man Wehre in solcher Höhe aufführt, dafs der gröfste Theil des Gefälles durch sie aufgehoben wird. Alsdann mufs aber zur Seite jedes Wehrs eine Schiffsschleuse oder sonstige Vorrichtung zur Ueberwindung des Gefälles angebracht werden. Wenn in dieser Art die einzelnen Stromstrecken zwischen den Wehren bei kleinem Wasser sehr wenig Gefälle behalten, so sagt man, dafs der Strom canalisirt sei. In dieser Weise ist die Saar oberhalb Saarbrücken behandelt. Endlich kann man auch das Fahrwasser vollständig aus dem Flufsbette entfernen und es in einen Schiffahrts-Canal verlegen, der seitwärts im Thal sich hinzieht. Das letzte Verfahren ist in der Anlage am theuersten, es gewährt aber den grofsen Vortheil, dafs die geringste Wassermenge zur Erhaltung der Schiffahrt genügt, es empfiehlt sich daher vorzugsweise für kleine Flüsse und ist besonders in England häufig angewendet.

Die oben angegebnen Erfordernisse der Schiffahrt stellen sich keineswegs auf allen Strömen in gleichem Maafse dar. Die Gröfse und Construction der Schiffe und die Art des Schiffahrts-Betriebs bedingen so wesentliche Verschiedenheiten, dafs man die jedesmaligen Bedürfnisse in dieser Beziehung genau kennen mufs, bevor man in einem bestimmten Fall das Project zur Stromregulirung aufstellen kann. Einige Bemerkungen über den Betrieb der Flufsschiffahrt dürfen daher nicht umgangen werden.

Nur auf solchen Strömen oder gröfsern Theilen derselben, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit des Wassers mäfsig ist, pflegt sich die Segelschiffahrt vollständig auszubilden. Dieses geschieht vorzugsweise in den untern Stromtheilen oder in weit ausgedehnten Ebnen, und namentlich, wenn daselbst grofse Seen vorkommen, die das geschlofsne Strombett unterbrechen. Von denjenigen Stromtheilen, die einem starken Wechsel der täglichen Fluth ausgesetzt sind, ist hier indessen nicht die Rede, sie sind vielmehr in hydrotechnischer Beziehung schon als Theile des Meers anzusehn und werden daher später behandelt werden. Im Allge-

meinen ist das Segel bei den Flufsschiffen nur ein untergeordnetes Hülfsmittel zur Bewegung. Es wird unter günstigen Umständen wohl benutzt, um die Fahrt zu beschleunigen oder den Leinenzug zu erleichtern, auch wohl um den letzteren stellenweise ganz entbehrlich zu machen. Ausserdem dient es häufig zur bessern Steuerung des Schiffs, wenn aber kein Wind ist, und sonach das Segel nicht gebraucht werden kann, oder andre Umstände die Benutzung desselben verbieten, so werden dennoch die Fahrten fortgesetzt, indem der Betrieb auf andre Kräfte basirt ist, die weniger vom Zufall abhängig sind. Das in der Bergfahrt begriffne Schiff, wenn es gegen den Strom durch Pferde oder Menschen gezogen wird, läfst sich sehr scharf steuern, weil seine relative Geschwindigkeit gegen das Wasser gleich der Summe beider und daher sehr grofs ist, auch kann es wegen seiner nur mäfsigen Bewegung, die immer durch den Stofs des Wassers bald aufgehoben wird, schnell zum Stillstande gebracht werden. Nichts desto weniger erfordert dennoch seine Führung in diesem Falle Vorsicht, besonders wenn der Zug der Leine von der Richtung des Fahrwassers stark abweicht. Wird nämlich das Ruder zu weit übergelegt, so wendet sich das Schiff noch weiter, die Strömung trifft es in seiner Breite, und es giert und scheert von dem Leinpfade mit grofser Kraft fort. Alsdann werden nicht nur die Pferde in den Strom gerissen, sondern, da die Leine am Mast befestigt ist, so neigt auch das Schiff sich seitwärts so sehr, dafs es Wasser schöpft. Tritt eine solche Gefahr ein, so bleibt nur übrig, die Leine schleunigst zu lösen, oder sie zu durchschneiden und das Schiff zurücktreiben zu lassen, doch auch dieses ist gemeinhin nicht ausführbar, da die Abweichung sich zu schnell vergröfsert.

Für die Thalfahrt giebt der Strom selbst die bewegende Kraft. Das Schiff nimmt sehr bald nicht nur die Geschwindigkeit des Wassers, sondern sogar eine etwas gröfsre an (§ 16), und dieser Umstand ist in sofern überaus vortheilhaft, als der Unterschied zwischen beiden eine relative Bewegung des Schiffs gegen das Wasser verursacht, von der allein die Wirksamkeit des Steuerruders abhängt. Diese relative Bewegung ist indessen gewöhnlich nur geringe, und daher folgt das Schiff bei der Thalfahrt im Allgemeinen nur unvollständig und langsam dem Steuerruder. Es treten aufserdem zwei Umstände hinzu, welche die Führung des Schiffs noch

erschweren. Der erste beruht darauf, dafs es beim Passiren scharfer Krümmungen sehr stark der tangentialen Richtung folgt, und daher leicht an das concave Ufer geworfen wird. Aufserdem aber nimmt das Schiff bei der Bewegung des Steuers zuerst eine schräge Richtung an, und zwar in der Art, dafs sein Hintertheil sich derjenigen Seite nähert, von der man es entfernen will, am weitesten tritt alsdann das Steuerruder selbst vor. Sobald dieses aber den Grund berührt, oder gar gegen eine Ruhne oder das Ufer stöfst, so wird es nicht nur an der fernern freien Bewegung gehindert, sondern es wirkt sogar als feste Drehungsachse, und das Schiff fällt seiner ganzen Länge nach gegen das Ufer. Hierbei geschieht es nicht selten, dafs die festen Steuerruder sich so weit heben, dafs sie abbrechen. Auf denjenigen Strömen, wo dieses besonders zu fürchten ist, erhalten daher die Steuer die Form und die Befestigungsart der gewöhnlichen Rieme, welche leicht aus dem Wasser zu heben sind. Sie heifsen alsdann Streichruder. Ihre Handhabung ist schwieriger, aber sie sind dafür auch wirksamer, indem man sie wie gewöhnliche Rieme oder Ruder wiederholentlich ausheben und daher die Drehung des Schiffs schneller bewirken kann.

Indem das Steuerruder bei der Thalfahrt wenig Wirksamkeit besitzt, so wendet man noch verschiedne andre Mittel zur Lenkung des Schiffs an. Hierher gehört zunächst der Gebrauch der Segel. Sie dienen entweder unmittelbar dazu, das Schiff auf die dem Wind abgekehrte Seite zu drängen, vorzugsweise aber nur, um seine Bewegung zu beschleunigen und dadurch die relative Bewegung gegen das Wasser zu vergröfsern oder die Wirksamkeit des Ruders zu vermehren. Bei breiten Strömen und entgegenstehendem schwachen Wind kommt es auch vor, dafs die Schiffe quer gegen den Strom gestellt werden, und man sie steuert, indem man den Segeln solche Richtung giebt, dafs sie das Schiff nach vorn oder nach hinten treiben, und dadurch dasselbe dem einen oder dem andern Ufer nähern. Auf der Weichsel, unterhalb Danzig, sah man häufig die Seeschiffe in dieser Weise herabgehn.

Auf manchen Strömen, wie auf der Weser, ist der Gebrauch der Segel bei der Thalfahrt nach den polizeilichen Vorschriften nicht gestattet, da der Mast nur bei der Bergfahrt aufgestellt sein darf, bei der Thalfahrt aber niedergelegt werden mufs. Diese Bestimmung ist im Interesse des Landverkehrs und der Fähranstalten

gegeben und hat vorzugsweise den Zweck, das vielfache Herablassen der Fährleinen oder das Oeffnen der Brücken zu vermeiden.

Ein andres Mittel zur Vergrößerung der relativen Geschwindigkeit des Schiffs ist der Gebrauch langer Riemen oder Ruder, die in gleicher Art, wie bei Böten seitwärts angelegt und gehandhabt werden. Ferner gehört hierher die Anwendung von Haken oder Stangen, die man gegen das Ufer oder die Sohle des Flußbetts stößt. In manchen Fällen erfordert dieses letzte Mittel eine übermäßige Kraft-Anstrengung und Geschicklichkeit der Schiffer. Bei starker Strömung, durch welche das Schiff in heftige Bewegung versetzt wird, läßt sich durch solche Stange oder vielmehr durch einen kräftigen Baum, den man gegen den Grund stellt, während sein oberes Ende fest mit dem Schiff verbunden wird, auch die Richtung des letztern plötzlich ändern. Ein solcher heißt der Schurbaum. Er wird auf der Saar und Mosel in den stärkern Krümmungen regelmäßig benutzt. Seine Wirkung ist überaus kräftig, aber er stellt auch das Fahrzeug auf eine harte Probe. Sein Gebrauch beruht darauf, daß sein untres Ende schräg nach vorn und nach derjenigen Seite, von welcher man das Schiff abhalten will, auf den Grund gesetzt wird. Das obere Ende muß dagegen sogleich mit dem Schiff in eine feste Verbindung gebracht werden. Indem Letztres sich in der Richtung der Fahrt fortbewegt, nähert sich die Richtung des Baums der verticalen Stellung, wodurch das Schiff auf dieser Seite gehoben wird, und insofern der Baum alsdann nach Maaßgabe seiner Einstellung seitwärts geneigt ist, so fällt er nach eben dieser Seite herab und drängt dabei das Schiff in gleicher Richtung fort. Bei kleinen Schiffen besteht die Vorrichtung zur Befestigung des Schurbaums nur in einigen Pollern (Köpfen der Inhölzer), die über das Bord an jeder Seite herüberreichen. An diese Poller sind starke Taue gebunden. Das lose Ende eines solchen schlingt man etwa dreimal um den Schurbaum und umspannt mit der Hand möglichst fest die letzte Windung des Taues. Für größere Schiffe ist diese Befestigungsart aber nicht genügend, es sind vielmehr an der äußern Schiffswand möglichst hoch sowohl vorn als hinten, und zwar an beiden Seiten Bohlen befestigt, worin abwärts gekehrte Zahnschnitte sich befinden. In einen der letztern schiebt man jedesmal den Kopf des Schurbaums,

nachdem dieser bereits ausgesetzt ist, und er hebt alsdann sicher das Schiff und drängt es zur Seite.

Ein andres Mittel zur bessern Steurung besteht darin, dafs man den nöthigen Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des Wassers und des Schiffs durch Zurückhalten des letztern hervorbringt. Dieses geschieht häufig bei Durchführung der Schiffe durch schmale Brückenöffnungen, indem ein leichter vierarmiger Anker oder ein sogenannter Dragger an das Hintertheil des Schiffs gehängt wird. Derselbe durchfurcht den Grund und verursacht soviel Widerstand, dafs das Wasser dem Schiff stark voraneilt, und der daraus entstehende Stofs oder Druck das Mittel zur schärfern Steurung bietet. Die Bewegung des Steuers mufs aber in diesem Fall, indem die relative Bewegung des Schiffs negativ geworden ist, in entgegengesetztem Sinn erfolgen. Dieser Umstand giebt leicht zu Irrungen Veranlassung, und aufserdem verursacht der Dragger auch nach der Beschaffenheit und selbst nach der Tiefe des Grundes einen sehr verschiednen Widerstand, woher dieses Manöver im Fall einer wirklichen Gefahr nicht die nöthige Sicherheit bietet. Alsdann wird vielmehr ein schwerer Anker auf das Ufer gesetzt, oder daselbst auf andre Art ein Tau befestigt, welches hinreichend stark ist, um das Schiff zu halten. Dieses langsame Herablassen vor dem Anker nennen die Schiffer sacken. Das Tau liegt im Schiff und ist zweimal um einen Poller geschlungen, woher durch mäfsiges Anziehn des hintern Endes eine hinreichende Reibung entsteht, um die Kraft des Stroms zu überwinden. Ein einzelner Mann kann auf diese Art die Bewegung des Schiffs reguliren, und so lange er sie nicht grofs werden läfst, kann er sie auch jeden Augenblick ganz unterbrechen und das Schiff zum Stillstand bringen. Es kommt indessen hierbei darauf an, das Schiff durch das enge und vielleicht sehr unregelmäfsige Fahrwasser sicher zu führen. Durch blofses Absetzen mit Stangen ist dieses gemeinhin nicht möglich, weil der Strom gerade an diesen Stellen besonders heftig zu sein pflegt. Die grofse relative Geschwindigkeit des Wassers gegen das Schiff bietet indessen das Mittel zu einer genauen Steurung. Das Steuerruder würde in diesem Fall aber nur wenig nützen, wenn es sich an demjenigen Ende des Schiffs befände, welches dem Stofs des Wassers zugekehrt ist, auch würde seine Bewegung durch das Tau selbst, woran man das

Schiff herabläfst, gehindert werden. Es bleibt also nur übrig, das Schiff zu wenden und es gegen den Strom zu kehren, so dafs es dieselbe Stellung annimmt, als wenn es in der Bergfahrt begriffen wäre. Das zweimalige Umdrehn des Schiffs, so wie das Ausbringen und Einholen des Ankers und Taues, welches in diesem Fall nothwendig wird, verursacht bei der schwachen Bemannung der zu Thal fahrenden Schiffe gewöhnlich einen Aufenthalt von mehreren Stunden, woher die Schiffer solche Stellen, wo dieses Manöver angewendet werden mufs, als wirkliche Schiffahrtshindernisse bezeichnen. Diese Ansicht rechtfertigt sich auch dadurch, dafs während der Zeit des langsamen Durchtreibens kein Begegnen stattfinden darf, und sonach eine vollständige Sperrung des Fahrwassers eintritt.

In manchen Fällen, besonders, wenn die Thal-Fahrten beschleunigt werden müssen, ist die Kraft des Stroms zur Bewegung des Schiffs nicht genügend. In denjenigen Strecken, wo das Gefälle und sonach die Geschwindigkeit sehr geringe ist, also in den Pfuhlen oder Wogen (§ 1) wiederholt sich dieser Uebelstand am häufigsten und wird besonders störend, wenn der Wind stromaufwärts gerichtet und zugleich sehr stark ist. Es kann alsdann leicht geschehn, dafs das Schiff gar nicht weiter kommt, vielleicht sogar gegen den Strom getrieben wird, und jedenfalls steuert es unter diesen Umständen sehr schlecht. Man hilft sich alsdann durch Fortschieben mittelst Stangen, oder es wird die Zugleine ans Ufer gebracht und Menschen oder Pferde davor gespannt. Hierbei stellen sich indessen vielfache Hindernisse ein. Die Leine wird nämlich in der Richtung gezogen, die dem gewöhnlichen Zug entgegengesetzt ist, sie bleibt daher häufig hängen und selbst an solchem Weidengebüsch, welches bei der Bergfahrt gar nicht hinderlich ist, weil alle Zweige die dem gewöhnlichen Leinenzuge entsprechende Richtung angenommen haben. Dieses Hängenbleiben wird noch durch den Umstand befördert, dafs die Leine nur schwach gespannt ist und daher tiefer herabhängt, als bei der Bergfahrt, stellenweise aber der stärkre Strom das Schiff sogar schneller vortreibt, als die Menschen oder Pferde gehn. Endlich giebt es noch sehr unangenehme Collisionen, wenn das abwärts gezogne Schiff einem Bergschiff begegnet. Gewöhnlich mufs in diesem Fall die Leine des ersten nicht nur gelöst, sondern ganz eingeholt und

demnächst wieder ausgebracht werden. Aus diesen Gründen werden nur in seltenen Fällen Leinpferde bei der Thalfahrt benutzt. Der Schiffer hilft sich vielmehr, soweit es geschehn kann, mit seiner eignen Mannschaft oder legt an das Ufer an und wartet das Nachlassen des hinderlichen Windes ab.

Endlich ist noch zu erwähnen, in welcher Art das in der Thalfahrt begriffne Schiff angehalten werden kann. Jedes Schiff, welches an das Ufer anlegen oder im Strom ankern soll, mufs in solche Richtung gebracht werden, dafs sein vordres Ende dem Strom zugekehrt ist. Dieses ist nicht nur deshalb nothwendig, weil der Vordertheil am leichtesten das Wasser durchschneidet, und daher die Schiffe in dieser Richtung am schwächsten stromabwärts gezogen und Anker und Taue am wenigsten angegriffen werden, sondern vorzugsweise geschieht es, weil die Bewegungen beim Anlegen und Abfahren nur in diesem Fall durch das Steuerruder gehörig unterstützt werden können. Das in der Thalfahrt begriffne Schiff mufs also, ehe es anlegt, gedreht werden. Dieses geschieht gemeinhin, indem es so gesteuert wird, dafs seine Spitze in einen Theil des Strombetts tritt, wo die Strömung nur schwach ist, während der hintere Theil desselben im stärkern Strom bleibt. Letzterer wird von diesem abwärts getrieben und so erfolgt die Wendung von selbst, man befördert sie aber, soweit es nöthig ist, noch durch Absetzen mit Stangen, oder auch wohl durch Anwendung des Schurbaums. Wenn das Schiff nicht schwer beladen und zugleich stark gebaut ist, pflegt man es auch wohl mit dem Vordertheil gegen das Ufer stofsen zu lassen. Alsdann dreht der Strom es in der beabsichtigten Weise, und dabei wird zugleich die fortschreitende Bewegung des Schiffs so gemäfsigt, dafs der Anker geworfen, oder die Leine ans Land gebracht werden kann. Unter allen Umständen darf man aber nicht plötzlich durch ein Tau die Bewegung des Schiffs unterbrechen, wobei dieses reifsen würde. Man schlingt es vielmehr ein- oder zweimal um einen Poller und läfst es so lange auslaufen, bis das Schiff nach und nach zum Stillstande kommt.

Bei der Bergfahrt werden die Segel benutzt, so oft der Wind irgend günstig ist, und wenn derselbe auch nicht hinreichende Stärke hat, um das Schiff gegen den Strom zu treiben, so unterstützt er doch den Leinenzug oder die sonst zur Bewegung des Schiffs ver-

wendete Kraft, so dafs diese mit minderer Energie ausgeübt werden kann. Fehlt der Leinpfad und werden auch nicht etwa Dampfböte zum Bugsiren angewendet, während eine frische Strömung statt findet, so ist der Schiffer allein auf den Gebrauch der Segel verwiesen, und bei schwachem oder widrigem Winde mufs er die Fahrt unterbrechen. So sammelt sich vor Stromstrecken, in welchen der Wind nicht pafst, eine grofse Anzahl von Schiffen, wie an der Elbe oft geschieht.

Man hilft sich zuweilen, sobald der Wind nicht benutzt werden kann, durch Schieben mittelst Stangen, oder auch wohl durch einen Leinenzug, der stellenweise durch Menschen ausgeübt wird. Wie grofs in diesen Fällen auch die Kraftäufserung der Menschen ist, indem sie sich übermäfsig neigen und oft ihren Körper nahe in horizontale Richtung bringen, so rückt das Schiff dabei doch nur sehr langsam vor. Dieses Manöver ist bei den Elb- und Oderkähnen das gewöhnliche, und die Geschwindigkeit, womit sie ohne Anwendung der Segel gegen den Strom fahren, beträgt, obgleich letzterer nur mäfsig ist, nicht leicht über einen Fufs in der Secunde, und ist stellenweise noch geringer, woher sie an einem Tage oft nicht mehr als zwei Meilen zurücklegen.

Es ergiebt sich hieraus der aufserordentliche Nutzen, den gehörig eingerichtete Leinpfade dem Schiffahrtsbetrieb gewähren, indem die Kraft der Pferde viel wohlfeiler, als die der Menschen ist. Freilich ist der Leinenzug durch Pferde für die Uferbesitzer höchst lästig, woher übermäfsige Schwierigkeiten und Entschädigungs-Forderungen gemacht werden, wenn man ihn an einem Strom einrichten will, wo er bisher nicht bestand. Ueber die Erfordernisse des Leinpfades selbst und der dazu gehörigen Anlagen wird im Folgenden ausführlicher die Rede sein, hier mögen aber einige Bemerkungen über die Bergfahrt mit Benutzung des Leinenzugs mitgetheilt werden.

Die Zugleine wird am Mast befestigt und zwar in solcher Höhe, dafs sie, soweit es geschehn kann, nicht auf dem Grund schleppt, und nicht die Sohle des Flufsbetts berührt. Man verkürzt deshalb die Leine auch jedesmal soweit, als irgend geschehn kann, sie mufs aber so lang bleiben, dafs der Zug nicht gar zu schräg ausgeübt wird, wodurch derselbe zu sehr erschwert werden würde. Sobald also das Fahrwasser sich vom Leinpfade entfernt oder gegen

dessen Richtung stark divergirt, mufs die Leine verlängert werden, sowie sie entgegengesetzten Falls sogleich verkürzt wird. Entfernt sich das Fahrwasser aber sehr weit vom Leinpfade, so taucht die Leine, obgleich sie möglichst hoch am Mast heraufgezogen ist, dennoch nicht nur in das Wasser, sondern sinkt sogar bis zum Grund herab. In diesem Fall ist theils das Hängenbleiben der Leine zu besorgen, theils aber entfernt schon der Druck des Wassers die Leine aus der geraden Richtung und dadurch wird der Zug, den das Schiff erfährt, noch stärker dem Ufer zugekehrt, wodurch es abgewendet und folglich seine Bewegung aufs Neue erschwert wird. In solchem Fall verhindert man das tiefe Eintauchen der Leine dadurch, dafs man in gewissen Entfernungen Kähne oder sogenannte Buchtnachen darunter legt. In jedem dieser Nachen mufs ein Mann sich befinden, der die Leine hält und darauf achtet, dafs sie möglichst eine gerade Linie bildet. Dieses Verfahren ist an manchen Stellen auf dem Rhein nothwendig, und man sieht daselbst bei kleinem Wasser, wobei der Uebelstand immer am gröfsten ist, drei und zuweilen noch mehr Buchtnachen unter einer Leine.

Die Führer der Leinpferde erkennen sehr wohl den grofsen Vortheil, den die möglichste Uebereinstimmung der Richtung der Leine mit der des Schiffs gewährt. Sie bleiben daher keineswegs immer auf dem Leinpfade, sondern nähern sich, soweit es geschehn kann, dem Fahrwasser. Sie reiten auch, wo es nicht bestimmt verboten ist, über alle Alluvionen und Uferränder fort, und sogar häufig auf lange Strecken im Flusse selbst, und scheuen diesen Weg nicht, wenn auch stellenweise die Tiefe so bedeutend wird, dafs die Pferde fast schwimmen. Die Pferde können aber keinen Zug ausüben, wenn der Leinpfad nahe rechtwinklig gegen die Leine gerichtet ist, sie sind alsdann auch der Gefahr ausgesetzt, in den Strom herabgezogen zu werden. Man pflegt in solchem Fall nicht die sämmtlichen Pferde an dieselbe Leine zu spannen, sondern sie in zwei auch wohl drei Gruppen hintereinander gehn zu lassen, deren jede eine besondre Zugleine hat. Alsdann kommt es nur darauf an, das eine Gespann kräftig anzutreiben, während das andre nicht anziehn darf.

Bei sehr gekrümmten Fahrwassern wird es zuweilen noch nöthig, eine besondre Zugleine oder die sogenannte Hülfsleine

an das hintre Ende des Fahrzeugs zu befestigen, um ein starkes Abtreiben desselben zu verhindern. Solche Hülfsleinen werden gewöhnlich nur von Menschen gezogen, wiewohl zuweilen auch Pferde davor gespannt werden. Wenn der Strom indessen regulirt ist, kommen Fälle dieser Art nicht vor, und überhaupt findet der Leinenzug durch Beseitigung der scharfen Krümmungen im Fahrwasser eine aufserordentliche Erleichterung. Während des Baues selbst und unmittelbar nachher, besonders wenn vor dem Leinpfads-Ufer lange Buhnen in den Strom gebaut werden, entstehn freilich häufig manche Schwierigkeiten für den Leinenzug. Bei der bald eintretenden Verlandung zwischen den Buhnen kann man indessen nach wenig Jahren den Leinpfad weiter vorlegen und dadurch dem Bedürfnifs der Schiffahrt aufs vollständigste genügen. Wenn hierbei die Frage entsteht, wieweit man das neue Fahrwasser von dem bestehenden Leinpfade entfernen darf, so wird im Allgemeinen derjenige Abstand noch als zulässig angesehn, der auf andern Strecken desselben Stroms sich vorfindet, und wenn in der neu verbauten Stelle der Strom oder vielleicht auch der herrschende Wind die Schiffe besonders stark gegen das Ufer, also an die Buhnenköpfe treibt, so mufs man durch Einrichtung eines Hülfsleinpfades auf dem gegenüber liegenden Ufer die Fahrten so lange zu erleichtern suchen, bis der Hauptleinpfad näher an das Fahrwasser gelegt werden kann. Man mufs indessen bei Strom-Regulirungen immer bemüht sein, die neue Fahrrinne möglichst nahe an den Leinpfad zu legen, und daher, wenn es geschehn kann, die erforderliche Einschränkung des Betts vom gegenüber liegenden Ufer aus vorzunehmen.

In neuerer Zeit finden die Dampfschiffe auf den Strömen immer mehr Eingang. Sowohl bei der Berg-, als bei der Thalfahrt ist ihre Geschwindigkeit nicht auf diejenige der Segelschiffe beschränkt, sondern oft bedeutend gröfser, namentlich, wenn sie nur für den Personenverkehr bestimmt sind. Dabei tritt aufserdem noch der Vortheil ein, dafs sie auch bei höherm Wasserstand, wenn die Leinpfade bereits überströmt werden, noch fahren können. Ueberdies sind sie vom Leinpfade unabhängig und können daher jedes Fahrwasser verfolgen, wenn dasselbe sich auch vom Leinpfade weit entfernt, oder eine stark divergirende Richtung annimmt.

Das Dampfschiff selbst ist gemeinhin zur Aufnahme grofser

Lasten nicht geeignet, weil es bei der nöthigen Beschränkung seines Tiefgangs schon durch die Maschine und den zum Betrieb erforderlichen Kohlenbedarf vollständig befrachtet wird. Für den Güterverkehr dient es daher meist nur zum Bugsiren, und schleppt oft sechs und noch mehr Schiffe hinter sich. Dieses geschieht nicht nur bei der Bergfahrt, sondern in vielen Fällen auch bei der Thalfahrt. Bei letztrer tritt indessen der Uebelstand ein, dafs bei plötzlich vorkommenden Hindernissen, wie wenn das Dampfboot auf den Grund aufläuft, die in voller Fahrt begriffnen angehängten Schiffe, die aufserdem noch durch den Strom getrieben werden, gegen das Bugsirboot auflaufen, auch gegenseitig an einander stofsen. Sie können nur, wie auch bei der gewöhnlichen Thalfahrt geschieht, durch Auswerfen der Anker zum Stillstand gebracht werden. Bevor aber diese fassen und die Schiffe vor denselben aufdrehn, ist der Zusammenstofs gemeinhin schon erfolgt. Es ist daher bei der Thalfahrt besondre Vorsicht nöthig, und vielfach werden die Bugsirleinen auf dem Dampfboot an Haken gehängt, die beim Zurückschlagen eines seitwärts vortretenden eisernen Stiels sich sogleich öffnen, wodurch die Verbindung mit dem angehängten Schiff gelöst wird. Dieses kann alsdann vor Anker gelegt oder in andrer Richtung gesteuert werden. In Seehäfen, die die sehr schmal und beengt sind, wie in Neufahrwasser, kommt es sogar vor, dafs man nicht nur vor das zu bugsirende Schiff ein Dampfboot legt, sondern ein zweites Dampfboot noch folgen läfst, das gleichfalls durch starke Taue mit dem geschleppten Schiff verbunden ist. Das letzte Boot dient nicht zum Schleppen, sondern es bringt nur das Schiff zum Stillstand, indem seine Ruder zurückschlagen, sobald beim Begegnen eines andern Schiffs die Fahrt unterbrochen werden mufs. Auf den grofsen Amerikanischen Strömen ist es aber üblich, die zu schleppenden Schiffe nicht hinter das Dampfboot zu legen und mittelst der Schlepptaue von diesem ziehn zu lassen, sondern sie vielmehr an dessen Seiten zu bringen und sowohl vorn wie hinten daran zu befestigen. Ist dieses geschehn, so kann das erwähnte Vortreiben nicht mehr stattfinden. Sobald die Räder oder die Schraube des Dampfboots rückwärts schlagen, kommt der ganze Zug zum Stillstand.

Sobald die Dampfschiffahrt auf einem Strom eingeführt wird, pflegen die Anwohner über die Beschädigung der Ufer Be-

schwerde zu führen, und zwar oft mit vollem Rechte, indem diese Boote einen starken Wellenschlag erzeugen, wodurch der Boden abgespült wird. Besonders heftig ist derselbe bei der Thalfahrt und in tiefem Wasser. Wenn die grofsen Schleppschiffe auf dem Rhein der Niederländischen Grenze sich nähern, verursachen sie eine sehr heftige Wellenbewegung, die an einzelnen Stellen nach dem Vorüberfahren noch eine viertel Stunde lang anhält, und augenscheinlich die ungeschützten Ufer stark angreift. Die Swine, die das Frische Haff unterhalb Stettin mit der Ostsee bei Swinemünde verbindet, hat seit der Eröffnung der Dampfschiffahrt an verschiedenen Stellen an Breite zugenommen, indem die ungedeckten Ufer zurückgewichen sind. Besonders heftig sind die Abbrüche, wenn die Boote neben den Ufern fahren, und dieses geschieht nicht selten, indem bei der Bergfahrt diejenigen Wege eingeschlagen werden, wo die Strömung am schwächsten ist. Verbote dagegen erweisen sich meist ganz erfolglos, da sich nie nachweisen läfst, dafs die vorgeschriebne Entfernung vom Ufer nicht innegehalten sei. Eben so wenig darf man von der Bestimmung einen Erfolg erwarten, dafs die Böte auf längre Strecken nur mit halber Kraft fahren dürfen. Zur sichern Steurung ist oft die gröfsre Geschwindigkeit unentbehrlich, und aufserdem wird die Controle darüber sehr schwierig. Es bleibt daher nur übrig, die Ufer sicher zu decken, was am Preufsichen Rhein nunmehr grofsentheils geschehn ist.

Man nimmt häufig an, dafs ein durch Ruderräder getriebnes Dampfboot stärkern Wellenschlag verursacht, als ein Schraubenboot und empfiehlt daher die Anwendung der letzteren auch auf Strömen und Canälen, wie sie auf offner See unbedingt den Vorzug verdienen, weil auch bei starkem Seegange die Schraube niemals vollständig aus dem Wasser tritt, wie die Räder auf der einen oder der andern Seite dieses häufig thun. Auf flachem Wasser verbietet sich indessen die Benutzung der Schraube, weil dieselbe die nöthige Kraft nur bei einer bestimmten Gröfse entwickeln kann, während sie zugleich ganz unter Wasser bleiben mufs, oder doch nur wenig darüber vortreten darf. Jene Voraussetzung, dafs sie unter gleichen Verhältnissen weniger Wellenschlag erzeugt, ist aber auch zweifelhaft. Der Nordholländische Canal, der Amsterdam mit dem Hafen Nieuwen-Diep verbindet, wird von den verschiedensten Seeschiffen

benutzt, und zwar ist es hier, mit Ausnahme weniger Stellen, den Dampfböten gestattet, mit voller Kraft zu fahren. Man hat dabei die Bemerkung gemacht, dafs Schiffe von gleichem Querschnitt und bei gleicher Geschwindigkeit auch denselben Wellenschlag verursachen, mögen sie durch Ruderräder oder durch Schrauben getrieben werden. Die Welle, die vor dem Buge des Schiffs sich bildet, ist gröfser, als diejenige, welche der treibende Maschinentheil erzeugt, und andre Erfahrungen beweisen auch, dafs, wenn letztere ganz fehlen oder gar nicht auf Wellenbewegung wirken können, dennoch diese bei gröfsrer Geschwindigkeit des Boots sehr heftig eintritt. Die auf manchen Canälen in England eingeführten Schnellböte, ausschliefslich für den Personen-Verkehr bestimmt, die von drei Pferden gezogen werden, welche man fortwährend in starkem Trab und selbst in Carière erhält, bilden Wellen, die nach der Mittheilung von Scott Russell*) sogar nach dem Stillstand der Böte noch eine viertel Deutsche Meile weiter laufen.

Ebenso erzeugte auch ein kleines Dampfboot, durch Reaction getrieben, welches einst den Schiffahrts-Canal bei Berlin passirte, einen sehr heftigen Wellenschlag. Zur Erklärung dieser Art des Betriebs mag daran erinnert werden, dafs das Wasser, welches unter starkem Druck in eine mit einer Seitenöffnung versehne Röhre tritt, durch diese Oeffnung entweicht, und dadurch das Gleichgewicht der Pressungen aufgehoben wird. Es bildet sich also ein Druck auf die der Oeffnung gegenüber befindliche Röhrenwand, der zur Darstellung einer entsprechenden Bewegung benutzt werden kann. Im Segnerschen Rade, das durch diesen Druck gedreht wird, hat man hiervon bereits seit langer Zeit zum Betrieb von Maschinen Gebrauch gemacht, im Reactions-Boot ist dasselbe Princip zur Anwendung gekommen, und wenn diese neue Erfindung bisher auch noch keine bedeutenden Erfolge gezeigt hat, so dürfte sie bei passender Anordnung wegen der besonders einfachen Uebertragung der Kräfte doch nähere Beachtung verdienen.

---

*) Ueber die Wellen auf Gewässern von gleichmäfsiger Tiefe von G. Hagen in den Abhandlungen der Königlichen Academie der Wissenschaften zu Berlin. 1862.

§. 58.

Die Warpschiffahrt.

In neuster Zeit hat eine eigenthümliche Art der Schiffahrt auf Flüssen und Canälen vielfach bereits Anwendung gefunden, und dehnt sich gegenwärtig, wie es scheint, auf alle frequentern binnenländischen Wasserstrafsen aus. Es wird nämlich auf die Sohle derselben eine Kette oder ein Drahttau versenkt, und hieran zieht eine Dampfmaschine an Bord des Warpschiffs dieses mit den daran gehängten Lastschiffen fort.

Eine ähnliche Art der Bewegung kommt bei Seeschiffen vielfach vor. Man bringt nämlich einen Anker in der Richtung aus, wohin das Schiff verlegt werden soll. Das Ankertau wird um das auf Deck stehende Gangspill geschlungen, und indem die Mannschaft dieses dreht, erfolgt die beabsichtigte Bewegung. Ist die Entfernung gröfser, so wird ein zweiter Anker ausgebracht, und das Tau desselben wieder um die Winde geschlungen, sobald man sich dem ersten Anker nähert. Auf diese Art kann die Bewegung, die freilich nur sehr langsam ist, beliebig weit fortgesetzt werden. Dieses Verfahren nennt man Warpen.

Jene vorerwähnte Schiffahrt bei Anwendung von Ketten, die mehrere Meilen lang sind, wird bei uns gewöhnlich mit der Französischen Benennung Touage bezeichnet. Diese bedeutet aber nichts Andres, als warpen. Je nachdem eine Kette oder ein Seil benutzt wird, gebraucht man auch die Ausdrücke Kettenschiffahrt oder Seilschiffahrt. Die obige Benennung, aus der Seemanns-Sprache entlehnt, dürfte wohl der passendste Deutsche Name dafür sein.

Die Französischen Schriftsteller sagen, der Marschall von Sachsen habe schon 1732 das Warpen bei Flufsschiffen angewendet, doch sei es erst 1820 zum regelmäfsigen Betrieb der Schiffe auf der Saone bei Lyon benutzt worden. Das Verfahren stimmte damals sehr genau mit dem auf Seeschiffen üblichen überein. Ein Anker wurde bei der Bergfahrt in einem Boot ausgebracht, das gewöhnliche Hanftau desselben angewunden, und ehe dieses eingeholt war, brachte man einen zweiten Anker aus, und so fort. Der Unterschied bestand nur darin, dafs die Winde durch einen Pferde-

göpel in Bewegung gesetzt und an das Warpschiff andre Schiffe angehängt waren.

Schon einige Jahre früher, wahrscheinlich 1818, hatte der ausgezeichnete Maschinenbauer L. G. Treviranus das erste Dampfschiff, welches die Weser befuhr, mit einer Vorrichtung versehn, welche an die jetzt üblichen Methoden des Warpens sich viel näher anschlofs. Die Dampfmaschine war nämlich zu schwach, um das Boot in den damals noch zahlreich vorhandnen Stromschnellen heraufzuziehn. Oberhalb solcher Stelle war daher ein Anker ausgebracht und das Tau desselben reichte bis unterhalb der Stromschnelle, wo es an einer Buoye (einer leeren Tonne) befestigt war. Sobald das Dampfboot diese erreichte, wurde das Tau auf die Winde gelegt, die Verbindung der Dampfmaschine mit den Ruderrädern aufgehoben und diejenige mit der Winde durch Einrücken eines Getriebes dargestellt. Alsdann bewegte sich das Boot zwar langsam, aber doch sicher gegen den heftigen Strom, bis in der Nähe des Ankers das Tau abgeworfen und die Ruderräder wieder in Betrieb gesetzt wurden.

Beim gewöhnlichen Rudern, wie auch bei den Ruder-Rädern und Schrauben der Dampfböte werden die Fahrzeuge bewegt, indem gewisse Flächen gegen das Wasser stofsen und dieses dadurch in entgegengesetzter Richtung fortgeschoben wird. Der Druck wirkt also nicht auf einen festen Körper, vielmehr auf das leicht bewegliche Wasser. Dieses weicht daher aus und ein grofser Theil des ausgeübten Drucks wird nicht auf die Bewegung des Boots, sondern auf die Erzeugung von Wirbeln und andern partiellen Strömungen im Wasser verwendet. Der Verlust an Kraft ist aber um so gröfser, je stärker die Strömung ist. Den Matrosen und Bootsleuten ist dieses bekannt. Wenn sie eine heftige Strömung überwinden sollen, so benutzen sie die Ruder oder Rieme nicht in gewöhnlicher Art, sondern sie heben sie aus, stofsen sie gegen den Grund und schieben gegen diesen das Boot fort. Der grofse Vorzug des Warpens vor dem Gebrauch von Ruderrädern oder Schrauben besteht eben darin, dafs das Ankertau oder die Kette den festen Stützpunkt zum Fortschieben des Boots bietet, und nur soweit die Fahrt des letztern das Ausweichen des Wassers erfordert, wird dieses in Bewegung gesetzt. Man hat gefunden, dafs beim Warpen gegen 30 Procent derjenigen Kraft erspart werden, die

bei Ruder-Rädern oder Schrauben erforderlich ist, um demselben Fahrzeug die gleiche Geschwindigkeit zu ertheilen. Diese Ersparung tritt aber schon bei der gewöhnlichen sehr langsamen Bewegung der Warpschiffe ein und steigert sich in hohem Grade bei gröfsern Geschwindigkeiten.

Die zum Betrieb des Warpschiffs versenkte Kette oder Drahtseil ist um gewisse Winden geschlungen, und indem letztere durch eine Dampfmaschine gedreht werden, so bewegt sich das Schiff und schleppt zugleich die daran angehängten Frachtschiffe. Die Kette oder das Seil ist gewöhnlich mehrere Meilen lang, während an den beiden Enden andre liegen, die jedoch mit den ersten nicht in Verbindung stehn. Die Fahrt des Warpschiffs beschränkt sich am passendsten auf eine Kettenlänge. Es geht also an dieser hin und her, während es beim jedesmaligen Beginn seiner Fahrt diejenigen Frachtschiffe aufnimmt, die von dem benachbarten Warpschiff herbeigeschleppt waren, und giebt diese später an das folgende ab.

Auf Flüssen, namentlich, wenn die Strömung stark ist, werden die Frachtschiffe gemeinhin nur in der Bergfahrt geschleppt, während sie in der Thalfahrt mit dem Strom herabtreiben. Das Warpschiff fährt also meist ohne Anhang zurück, es wird dabei aber nicht umgewendet, sondern behält dieselbe Richtung, die es bei der Bergfahrt hatte. Es ist daher an beiden Enden gleich gestaltet und vorn, wie hinten mit einem Steuerruder versehn. Beide Ruder werden auch zugleich gebraucht, um die nöthigen Wendungen zu machen und um das tiefste Fahrwasser zu verfolgen. In letzteres legt man zwar die Kette oder das Seil, es kann jedoch nicht verhindert werden, dafs dieselben in gekrümmten Stromstrecken seitwärts fortgezogen werden. Aus diesem Grunde ist eine kräftige Steurung dringend geboten. Solche läfst sich aber auch mittelst der beiden Ruder sehr sicher erreichen, wie sich dieses namentlich an dem Warpschiff zeigt, welches von den Packhäusern in Magdeburg die Schiffe in dem engen und sehr scharf gekrümmten Fahrwasser, und zwar theilweise in sehr heftiger Strömung, bis Bukow schleppt. Das Verschieben der Kette wird vorzugsweise bei der Rückfahrt des Warpschiffs wieder ausgeglichen, indem dasselbe alsdann einen geringern Druck auf die

Kette ausübt, und diese daher bei richtiger Steurung wieder in die passende Linie zurückgebracht werden kann.

Wie vortheilhaft die Warpschiffahrt auch unbedingt ist, so dürfen doch die dabei vorkommenden Uebelstände nicht unerwähnt bleiben. Zunächst ist zu bemerken, dafs die Unternehmer oder die Gesellschaft, die solche Fahrt betreibt, jede Concurrenz ausschliefst, da unmöglich in den vielfach sehr engen Fahrrinnen mehrere Ketten oder Seile neben einander gelegt werden dürfen. Selbst in dem Fall, dafs hierzu der nöthige Raum vorhanden sein sollte, verbietet sich dieses durch die Besorgnifs, dafs leicht eine Kette auf die andre niedersinken könnte, wodurch die Fahrt des einen Schiffs gehemmt würde. Sodann wird der Betrieb von Fähren, die an einem quer über den Strom gespannten Seil bewegt werden, bei Einführung der Warpschiffahrt unmöglich. Es fehlt zwar nicht an Vorschlägen, die Warpkette vor dem Fährseil, das jedenfalls über derselben liegen mufs, fallen zu lassen und später wieder aufzunehmen, doch sind die unvermeidlichen Störungen dabei zu grofs und zu bedenklich, als dafs man davon Gebrauch machen könnte. Es bleibt schliefslich nur übrig, alle Fähren mit Gier-Vorrichtungen zu versehn und die Bestimmung zu treffen, dafs dieselben beim Vorübergange eines Warpschiffs immer an demjenigen Ufer liegen müssen, welches der Warpkette gegenüber sich befindet. Diese Aenderung ist aber oft für den Betrieb der Fähren höchst nachtheilig, denn zum schnellen Gieren gehört eine kräftige Strömung in der ganzen Breite des Flusses, die in vielen Fällen sich nicht darstellen läfst.

Das Ziehn einer Fähre am schlaffen Seil von einem Ufer zum andern ist eine Art von Warpschiffahrt, und in der That stimmen die dabei getroffnen Anordnungen zuweilen sehr nahe mit dieser überein. In England bestanden schon vor der Ausbildung der Warpschiffahrt dergleichen Fähren, die durch Dampfmaschinen getrieben wurden. Die älteste derselben wurde bei Dartmouth in Devonshire über den Dart ums Jahr 1831 eingerichtet. Sechs Jahre später baute Rendel eine solche über den Hamoaze zwischen Torpoint in Cornvallis und Devonport. Bei Hochwasser maafs hier die Entfernung zwischen den beiderseitigen Ufern 2550 Fufs und die Tiefe an einer Stelle, welche die Fähre passirte, 96 Fufs. Zum Betrieb der letztern waren zwei Ketten aus ein-

zölligen Eisenstäben quer über den Strom gezogen. Um dieselben in angemefsner Spannung fortwährend zu erhalten, waren sie nicht an beiden Enden unwandelbar befestigt, sondern das eine Ende jeder Kette lief über eine Rolle in einen Brunnen und war hier mit dem Gewicht von 5 Tons oder ungefähr 100 Centner beschwert. Auf beiden Seiten des Fährschiffs befanden sich gufseiserne Räder von 8 Fufs Durchmesser. Dieselben wurden durch eine Dampfmaschine bewegt und waren mit Rillen versehn, welche den Kettengliedern entsprechend abwechselnd verbreitet und vertieft waren, so dafs die Ketten sicher gefafst wurden und nicht gleiten konnten. Es mufs noch bemerkt werden, dafs diese Fährstelle nicht nur der starken Strömung bei Fluth und Ebbe, sondern auch einem so heftigen Wellenschlag ausgesetzt ist, dafs die in der Nähe ankernden grofsen Schiffe oft vertreiben. *)

Eine andre Fähre, die dieser sehr ähnlich ist, vermittelt den Verkehr über die weite und tiefe Meeresbucht, Southampton-Water genannt.

Als die Warpschiffahrt vor etwa fünfzehn Jahren zuerst auf mehreren Flüssen in Frankreich eingeführt wurde, benutzte man gewöhnliche Ketten. Fig. 248 *a* auf Taf. XXXI. zeigt in der Ansicht von oben das Boot Ville-de-Sens, das zum Schleppen der Schiffe auf der obern Seine im Jahr 1860 erbaut wurde.**) Es ist ein eisernes Boot, 130 Fufs lang, 23½ Fufs breit. An beiden Enden ist es mit Steuerrudern versehn, die aber wegen der darüber laufenden Ketten nicht in gewöhnlicher Art bewegt werden können, vielmehr sind sie unmittelbar über dem Deck mit je einem horizontalen Rad verbunden, und über dieses, so wie über ein gleiches an der Achse eines horizontalen Ruderrades ist eine Kette geschlungen, die in die Vertiefungen beider Rillen fest eingreift und daher nicht gleiten kann.

Die Winde, welche die Warpkette fafst, besteht aus zwei eisernen Trommeln von 3 Fufs Durchmesser. Auf dem Mantel jeder derselben befinden sich fünf Rillen, worin die Kette liegt. Letztere ist also um jede Trommel fünfmal geschlungen, und zwar

---

*) *Transactions of the Institution of civil Engineers.* Vol. II. 1838. pag. 213.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1863. II. pag. 249.

immer um einen Halbkreis. Eine Ueberkreuzung beim Uebergang findet nicht statt. Die Kette wird aber, wenn sie auch nur über je 4 Rillen läuft, so fest gehalten, daſs sie nicht gleitet. An den Achsen beider Trommeln befinden sich gleiche Zahnräder, in welche ein gemeinschaftliches Getriebe eingreift, das von den beiden Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt wird. Hierdurch werden beide Trommeln in gleicher Richtung gedreht, und da sie gleiche Gröſse haben, so wird die Kette in allen Punkten, wo sie aufliegt, in gleicher Weise angezogen.

Die Kette, welche aus Rundeisen von 10½ Linien Stärke geschmiedet ist, wird über das Deck in zwei mit Eisen gefütterten Rinnen von den obern Scheiteln der beiden Trommeln bis gegen die Enden des Boots hin- oder zurückgeführt, man läſst sie aber nicht über den Bug frei herabfallen, weil sie sonst die Ruder fassen könnte, vielmehr setzt sich die Führung an jedem Ende noch über eine zweite, und zwar eine bewegliche Rinne, fort. Jede der letztern ist an eine im Deck stehende Achse befestigt und ruht auſserdem auf zwei kleinen Rollen, die auf den Kreisschienen an den Enden des Decks laufen. Zur Vermittlung des Uebergangs der Kette aus der festen in die bewegliche Rinne sind neben jener Drehungsachse noch zwei niedrige verticale Rollen aufgestellt, zwischen welchen die Kette liegt. Indem man die äuſsern Theile der Rinnen beweglich machte, was bei andern Böten nicht der Fall ist, so wurde dadurch das Verschieben der Kette auf dem Grund wesentlich vermindert. Die Figur stellt das Fahrzeug vor, wie es in der Richtung des Pfeils in einer scharf links gekehrten Krümmung sich bewegt. Beide Ruder sind so gestellt, daſs sie das Boot nach der rechten Seite drängen, während die beweglichen Rinnen der Richtung der Kette folgen.

Jede der beiden Dampfmaschinen entwickelt 20 Pferdekräfte, und beide setzen gemeinschaftlich jenes Getriebe in Bewegung. Letzterem können jedoch durch Einrücken andrer Zwischenräder zwei verschiedne Geschwindigkeiten gegeben werden, so wie auch selbstverständlich die Drehung beliebig in einer oder der andern Richtung dargestellt werden kann. Die gröſste Geschwindigkeit die das Schiff ohne Anhang in stehendem Wasser annimmt, miſst nahe 1 Meile in der Stunde. Gegen den Strom, und besonders

wenn mehrere Frachtschiffe angehängt sind, bewegt es sich aber viel langsamer.

Fig. 248 *b* zeigt ein Warpschiff, welches sich von den sonstigen wesentlich dadurch unterscheidet, dafs die Kette nicht über die ganze zu durchfahrende Strecke des Flusses gezogen ist, sondern nur unter dem Fahrzeug auf dem Grund aufliegt. Es tritt dabei der wesentliche Vortheil ein, dafs man die kostbare lange Kette entbehrt. Robertson liefs sich im Jahr 1858 auf diese Einrichtung in England ein Patent ertheilen und zeigte durch den Versuch mit einem Canalschiff die Brauchbarkeit seiner Erfindung.*)

Es ist eine Kette, deren beide Enden verbunden sind, oder eine sogenannte Kette ohne Ende. Sie ist, wie in Fig. 248 *a*, wieder mehrfach über zwei Trommeln geschlungen, die von einer Dampfmaschine in gleicher Richtung gedreht werden. Diese Trommeln stehn aber möglichst nahe am vordern Ende des Schiffs, damit die Kette, wenn sie sich hier abwindet, von selbst auf die Sohle des Canals herabfällt. Indem sie in hinreichender Länge auf dieser liegt, bildet die Reibung einen so kräftigen Widerstand, dafs das Schiff dagegen fortgezogen werden kann. Um die Berührung möglichst weit auszudehnen, erstreckt sich eine Rinne mit einer Rolle am Ende über das Hintertheil des Fahrzeugs. Die Kette liegt in dieser und wird durch sie so geführt, dafs sie mit dem Ruder nicht in Berührung kommt. Aus dieser Beschreibung, wie auch aus der Zeichnung, ergiebt sich, dafs das Schiff nach vorn gezogen wird, wenn man die Kette unter demselben in der entgegengesetzten, durch den Pfeil angegebnen Richtung aufzieht.

Robertson hatte mit dieser Vorrichtung ein Schiff von 70 Fufs Länge und 7 Fufs Breite versehn. Von der Kette wog der laufende Fufs nahe 7 Pfund, und es ergab sich, dafs wenn 66 Fufs derselben auf der Canalsohle lagen, sie bei einem Zug von 880 Pfund noch nicht in Bewegung gesetzt wurden. Das Schiff fuhr mit der Geschwindigkeit von 1 bis 1½ Meilen in der Stunde. Es liefs sich dabei sehr sicher steuern, und wenn die Maschine plötzlich angehalten wurde, so schofs es nur etwa um seine halbe Länge vor und lag alsdann so fest, wie vor zwei Ankern.

Auf einigen Englischen Canälen soll diese Erfindung, die

*) *Civil Engineer and architect's Journal.* Vol. XXII. pag. 408.

unbedingt wegen des Fortfalls der langen Warpkette höchst beachtenswerth ist, in Anwendung gekommen sein, doch ist darüber nichts Näheres bekannt geworden. Jedenfalls ist sie nur brauchbar, wenn die Tiefe sehr gleichmäfsig und nicht grofs ist. Wäre das Erste nicht der Fall, so hätte die Kette auf den flachen Strecken eine zu grofse Länge und würde sonach nicht lang ausgezogen, sondern klumpenweise auf der Sohle liegen. Beim Anheben oder Anziehn würde sie daher nicht sogleich den nöthigen Widerstand leisten, sondern sie müfste, ehe dieses geschieht, zunächst in der erforderlichen Länge gestreckt werden, und die hierauf verwendete Kraft wäre für die Bewegung des Schiffs verloren. Bei jenem, von Robertson angestellten Versuch wurde bemerkt, dafs das Schiff eben so schnell fortging, wie die Kette angewunden wurde. Die Canalstrecke, die man benutzte, hatte also eine sehr gleichmäfsig Tiefe und die Kette die entsprechende Länge. Wird die Tiefe aber gröfser, so vermindert sich die Länge, in welcher die Kette auf dem Grund liegt, dieses geschieht auch, wenn man eine längre Kette wählt, weil der beim Anziehn der Kette abgehobne Theil derselben sich vergröfsert.

Diese Uebelstände sind wohl Veranlassung gewesen, dafs diese Anordnung, die ihrer Einfachheit wegen gewifs Berücksichtigung verdiente, so wenig Eingang gefunden hat, dafs sie fast unbekannt geblieben ist. Dagegen hat die Warpschiffahrt in neuster Zeit die wesentliche Aenderung erfahren, dafs man statt der Kette ein Drahtseil auf die Sohle des Flufsbetts legte. Der grofse Vorzug dieses neuen Systems vor dem frühern besteht in der Wohlfeilheit, da das Gewicht eines Drahtseils nur den siebenten bis sechsten Theil des Gewichts einer Kette von gleicher Länge und gleicher Widerstandsfähigkeit beträgt. Dieses rührt theils von der gröfsern absoluten Festigkeit der Drähte und theils davon her, dafs beim Schmieden der Ketten leicht versteckte Fehler vorkommen, welche die Festigkeit wesentlich vermindern. Die Kette kostet durchschnittlich viermal soviel als das Drahttau. Dazu kommt noch, dafs die Kette beim Herabfallen wie beim Anheben aus dem Grund sich leicht verschlingt, oder sogenannte Kinke schlägt, das heifst, einzelne Glieder legen sich nicht in die Richtung der Kette, sondern stellen sich verkehrt, wodurch leicht ein Bruch veranlafst wird, auch die

Kette in die Rille nicht regelmäfsig sich einlegt. Bei dem steifen Drahttau kann eine solche Unregelmäfsigkeit nie vorkommen.

Brüche können so wenig in dem Seil, wie in der Kette unbedingt vermieden werden. Für letztere hat man besondere Schaaken in Bereitschaft, die eingeschaltet und durch Schrauben geschlossen werden, dieselben unterbrechen aber die Gleichmäfsigkeit der Kette, und wenn man in solchem Fall ein gewöhnliches Glied einsetzen und durch vollständiges Schweifsen schliefsen wollte, so würde dieses einen sehr langen Aufenthalt verursachen. Wenn das Seil in dieser Beziehung auch keinen Vorzug hat, so steht es doch der Kette nicht nach. Man dreht die einzelnen Eisenfäden beider Enden auf einige Fufs Länge auf und schlingt sie regelmäfsig in einander oder splifst sie zusammen wie Hanftaue.

Das Drahttau, welches für die Warpschiffahrt auf der Maafs zwischen der Mündung der Sambre und Lüttich versenkt wurde, war 9½ Meilen lang, während die Länge des Fahrwassers noch nicht voll 9 Meilen maafs. Gewöhnlich nimmt man an, dafs die Windungen des Seils oder der Kette eine Mehrlänge von 4 bis 5 Procent bedingen. Der Durchmesser des Seils war 11,5 Linien und es bestand aus 42 Drähten von 1,3 Linien Stärke. Seine absolute Festigkeit stellte sich nach den Proben auf 29,000 Pfund, der Zug, dem es ausgesetzt wird, beträgt aber wenig über 4000 Pfund.

Mit Rücksicht auf die Dauer scheint die Kette vor dem Drahtseil den Vorzug zu haben, doch ist die Benutzung des letztern zu neu, als dafs man ein sichres Urtheil darüber schon sich bilden könnte. Gewifs darf man aber mindestens 5- bis 6-jährige Dauer erwarten.*)

Indem die Glieder der Kette abwechselnd in einer und der andern Richtung vortreten, so läfst sich eine solche in den Rillen der beschriebnen Trommeln leicht so sicher fassen, dafs ein Gleiten unmöglich ist. Beim Drahtseil findet dieses aber um so weniger statt, als seine Oberfläche mit der Zeit sich glatt abschleift. Um dasselbe daher mittelst eines von der Dampfmaschine getriebnen

---

*) Die vorstehenden Angaben sind grofsentheils aus dem Schriftchen von A. Buquet entnommen: *Touage sur cable métallique, système Mesnil.* Paris 1869.

Rades anzuziehn, mufs letzteres mit besonderen Vorrichtungen versehn sein. Beim Fowlerschen Rade, das zum Fassen des Drahtseils gewöhnlich benutzt wird, geschieht dieses dadurch, dafs die Rille, worin das Seil sich einlegt, durch eine grofse Anzahl von Klappenpaaren gebildet wird. Es befinden sich deren bis fünfzig und oft noch mehr im Umfang des Rades. Die wesentliche Einrichtung derselben zeigt Fig. 248 *d*. Jede Klappe dreht sich um eine starke eiserne Achse, doch mufs dafür gesorgt werden, dafs die Klappen nicht zu weit zurückfallen, oder die Rille sich so öffnet, dafs das Seil nicht mehr von ihnen gefafst wird. Nimmt letzteres die hier gezeichnete Lage gegen die Achsen der Klappen an, so zerlegt sich der Druck, den es in radialer Richtung gegen das Rad ausübt, in zwei starke Seitenpressungen auf jene Achsen, von denen jede um den dritten Theil gröfser ist, als der erwähnte Druck. Letzterer ist aber nicht unbedeutend, indem er nicht nur dem Gewicht des angehobnen Seils entspricht, sondern auch durch den Zug zur Fortbewegung des Schiffs verstärkt wird. In dieser Weise fafst jedes Klappenpaar das Seil sehr sicher, und die sämmtlichen Paare, die gleichzeitig wirken, halten es so fest, dafs es nicht mehr gleiten kann. Sobald aber das Seil eine Richtung annimmt, wobei der Druck auf das Rad aufhört, so wird es auch von den Klappen nicht mehr gehalten, und diese öffnen sich sogar von selbst in der abwärts gekehrten Hälfte des Umfangs vom Rade.

Nach Fig. 248 *c* befanden sich in der Mitte des Warpschiffs, und zwar zur Seite desselben, drei Räder. Das mittlere ist ein Fowlersches, während die beiden andern mit festen Rillen versehn sind, und nur zu Zu- und Abführung des Seils dienen. Das erste wird allein durch die Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, damit aber die beiden untern Räder das Seil gehörig aufnehmen, so wird es denselben noch durch zwei Rollen zugeführt, die frei herabhängen, also aus jeder Richtung, die das Seil nach Umständen hat, dasselbe sicher fassen. Das Schiff fährt, ohne gedreht zu werden, abwechselnd nach einer Seite und der andern Seite, und ist daher an beiden mit Rudern versehn, die mit dem Seil nicht in Berührung kommen. Der Umstand aber, dafs das Seil nicht in der Achse des Schiffs, sondern an der Seite angewunden wird, verursacht bei der kräftigen Steurung keinen sonstigen Nachtheil, als dafs ein geringer Theil

der Zugkraft dadurch verloren wird. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes hat man indessen auch vorgeschlagen, zwei gekuppelte Schiffe zu benutzen, zwischen welchen das Seil hindurchgeleitet wird. Der dadurch erreichte Vortheil dürfte indessen die Mehrkosten kaum rechtfertigen, während dabei auch die Solidität der Verbindung, namentlich in Rücksicht auf das Bugsiren der angehängten Frachtschiffe, leiden würde.

Schliefslich mufs noch erwähnt werden, dafs man dem Fowlerschen Rade auf den Warpschiffen zuweilen auch eine horizontale statt der verticalen Lage giebt, wobei einige Vortheile in der ganzen Anordnung sich herausstellen sollen, während die Klappen-Paare in entsprechender Art angeordnet sind und nahe mit derselben Kraft wirken.

§. 59.

Ueberwindung starker Gefälle.

Der Mangel an hinreichender Tiefe des Fahrwassers mufs, wie bereits erwähnt, als das wesentlichste Hinderniſs einer geregelten Schiffahrt angesehn werden, demnächst sind aber starke Stromschnellen oder Cataracten gleichfalls so hinderlich, da sie die Schiffahrt in vielen Fällen sehr erschweren und zuweilen sogar vollständig unterbrechen. Beide Arten von Schiffahrts-Hindernissen stehn häufig in naher Beziehung zu einander, denn die grofse Geschwindigkeit des Stroms und die geringe Tiefe des Fahrwassers sind gegenseitig Ursache und Wirkung. Wo starke Ablagerungen in der vollen Breite des Betts sich gebildet haben, findet oberhalb derselben ein Aufstau statt, bis das zur Abführung der ganzen Wassermenge erforderliche Gefälle sich gebildet hat, und umgekehrt kann der starke Strom, wenn er durch das grofse Gefälle veranlafst wird, nur ein kleines Profil füllen, in welchem daher oft die Wassertiefe nur geringe ist.

Beide Uebelstände lassen sich, abgesehn von den Methoden der eigentlichen Stromregulirung (§ 20), durch künstliche Stau-Anlagen gleichzeitig entfernen. Ein Wehr, welches unterhalb der Stromschnelle erbaut wird, hebt nicht nur die heftige Strömung

darin auf, sondern staut auch das Wasser so hoch an, dafs die hinreichende Fahrtiefe sich in dem Strombett oder auch über einzelnen Felsbänken bildet, welche dieses durchsetzen. Man beseitigt indessen auf diese Art keineswegs das starke Gefälle, sondern concentrirt es vielmehr auf eine noch kürzere Strecke, nämlich auf die Breite des Wehrs. In seltnen Fällen gehn die Schiffe unmittelbar über die Wehre, doch geschieht dieses ausnahmsweise, woher fast jedesmal besondre Vorkehrungen getroffen werden, um die Schiffahrt neben den Wehren nicht zu unterbrechen

Das sicherste und bequemste Mittel, um das Schiff aus einem höhern auf einen niedrigern Wasserspiegel zu senken, oder umgekehrt, aus diesem auf jenen zu heben, bietet die Kammerschleuse. Dieselbe ist ein so wichtiger Bau, dafs davon in einem besondern Abschnitt die Rede sein wird. Hier soll nur das Wesentlichste ihrer Einrichtung mit wenig Worten angedeutet und mitgetheilt werden, welche Bedingungen bei einer Schleusen-Anlage im Strom oder neben demselben zu berücksichtigen sind.

Die Kammerschleuse bildet, wie schon der Name besagt, eine Kammer oder ein Bassin, das eben sowohl gegen das Oberwasser, wie gegen das Unterwasser abgeschlossen, und andrerseits auch wieder mit dem einen oder dem andern in Verbindung gesetzt werden kann. Die Kammer ist so grofs, dafs sie ein Schiff, zuweilen auch mehrere zugleich fafst, und ihre Zugänge zum Ober- und Unterwasser sind weit genug, um die Schiffe hindurchzulassen. Das Gefälle des Wehrs oder des natürlichen Wassersturzes stellt sich an der Schleuse gleichfalls dar, und es concentrirt sich an derjenigen Mündung derselben, die geschlossen ist. Man kann aber eine oder die andre schliefsen, und sonach in der Kammer beliebig den Ober- oder Unter-Wasserstand darstellen. Wenn ein Schiff stromauf- oder abwärts fährt und an die Schleuse kommt, so wird der Wasserspiegel in der Kammer auf die Höhe desjenigen Wasserspiegels gebracht, worauf das Schiff schwimmt. Hierauf öffnet man die dem Schiff zugekehrte Mündung der Schleuse und das Schiff tritt in dieselbe hinein. Während dieser Zeit bleibt die Stauwand in der andern Mündung der Schleuse in Wirksamkeit und bildet die Grenze zwischen Ober- und Unterwasser. Sobald das Schiff in der Kammer ist, wird diejenige Mündung, durch welche das Schiff hineingefahren war, geschlossen, und das Gefälle durch

langsames Zu- oder Ablassen des Wassers auf sie übertragen. Ist dieses geschehn, so steht das Wasser in der Kammer eben so hoch, als das Wasser im Strom an derjenigen Seite des Wehrs, wohin das Schiff gerichtet ist. Letzteres kann also ungehindert seinen Weg fortsetzen.

Bei der Anlage von Kammerschleusen neben dem Strom sind manche Umstände zu berücksichtigen. Vor allen Dingen mufs man dafür sorgen, dafs die Schleuse nicht selbst ein Schiffahrtshindernifs wird. Am nachtheiligsten ist sie, wenn sie zu enge, oder in der Kammer zu kurz ist, weil sie alsdann bei allen Wasserständen den Durchgang gröfserer Schiffe unmöglich macht, und der Betrieb auf die Benutzung kleiner Fahrzeuge sich beschränkt. Andrerseits sind Schleusen auch häufig in sofern sehr hinderlich, als ihr Boden zu hoch liegt, und sonach die Schiffe zur Zeit des kleinen Wassers sie nicht passiren können. Dieser Uebelstand zeigt sich besonders in den stromabwärts gekehrten Mündungen der Schleusen oder auf den Unterdrempeln. In den obern Mündungen ist der Mangel an Wassertiefe seltner, und eine Abnahme der letztern kann hier auch nur eintreten, wenn der Stau des Wehrs vermindert wird, was nicht leicht geschieht.

Im Unterwasser tritt häufig eine auffallende und höchst nachtheilige Senkung ein. Zuweilen wird dieselbe durch die Abnahme der Zuflüsse während der trocknen Jahreszeit herbeigeführt, indem die atmosphärischen Niederschläge bei der zunehmenden Cultur des Bodens schneller dem Strom zufliefsen, als sonst geschah, wo das Wasser in ausgedehnten Sümpfen und im Schutz des Laubes der Waldungen lange Zeit hindurch zurückgehalten wurde und nachhaltig reiche Quellen speiste. Am häufigsten erfolgt die Senkung aber in Folge der Regulirung des Stroms. Jede Untiefe ist zur Zeit des kleinen Wassers nichts Andres, als ein natürliches Wehr, sobald man sie daher beseitigt, ohne zugleich für eine angemefsne Beschränkung der Breite des Profils zu sorgen, so hört der frühere Stau auf und der Wasserspiegel senkt sich. Oft nimmt man bei Strom-Correctionen auf diese Verminderung des Wasserstandes nicht Rücksicht, woher alsdann die Pegel oberhalb der regulirten Strecken geringre Höhen, als früher, angegeben (§ 20). Wenn eine solche Aendrung auch sonst nicht als nachtheilig angesehn werden kann, so ist doch ihr Einflufs auf eine oberhalb belegne Schleuse höchst

schädlich, indem diese vergleichungsweise zum niedrigsten Wasserstand eine höhere Lage als früher erhält, und sich oft so sehr über das Unterwasser erhebt, dafs während niedriger Wasserstände kein beladnes Schiff durch die Schleuse gehn kann. Wenn daher eine Schleuse neu angelegt oder ausgebaut wird, mufs man die unterhalb belegne Stromstrecke sorgfältig in Bezug auf den Effect der darin möglichen Correctionen untersuchen. Vor Allem ist dabei ein genaues Nivellement zur Zeit des kleinen Wassers nothwendig. Man vergleicht das gefundne absolute Gefälle mit demjenigen, welches sich herausstellen würde, wenn das relative Gefälle überall nicht gröfser wäre, als es in den bereits corrigirten oder in denjenigen Strecken ist, die keiner Correction bedürfen. Diese Untersuchung ergiebt, wie tief der Wasserspiegel sinken kann, wenn später die Regulirung des Stroms ausgeführt wird, und bei dem Neubau mufs man daher die Schleuse so tief legen, dafs die Schiffe unter dieser Voraussetzung noch über den Drempel fortgehn können. Häufig bildet diejenige Schleuse, welche umgebaut wird, das gröfste Schiffahrtshinderniſs im ganzen Strom. Durch Entfernung desselben wird sonach ein vortheilhafter Schiffahrtsbetrieb möglich, der sogleich neue Wünsche hervorruft und Veranlassung zu Strom-Correctionen giebt, die früher nicht nöthig gewesen waren. Man mufs daher bei jeder Verbesserung dieser Art schon darauf Rücksicht nehmen, dafs eben dadurch auch das Bedürfniſs gesteigert wird und jeder Fortschritt Veranlassung zu neuen Verbesserungen ist, bis endlich die natürliche Beschaffenheit der Stroms allen fernern Anforderungen eine Grenze setzt.

Während des Umbaus und selbst während der Reparatur einer Schleuse pflegt die Schiffahrt gesperrt zu werden. Bei Canälen ist dieses in vielen Fällen wenig erheblich, insofern schon aus andern Gründen zeitweise Unterbrechungen des Verkehrs eintreten müssen. Auf Strömen ist die Schiffahrt aber nur zur Zeit der höchsten Wasserstände und während des Frostes unterbrochen, wobei Reparaturen nicht ausführbar sind. Hiernach ist es sehr vortheilhaft, wenn zwei Schleusen neben einander erbaut werden. Während alsdann die eine in Stand gesetzt oder umgebaut wird, passiren die Schiffe die andre. Wenn man aber diese Maafsregel wegen der sehr bedeutenden Mehrkosten nicht ergreifen kann, so

ist es doch nöthig, die Baustelle für die zweite Schleuse sogleich bei Anlage der ersten vorzubehalten.

Im Strombett selbst kann die Schleuse nicht füglich liegen, weil sie zu sehr dem Angriff des Stroms und Eises ausgesetzt wäre. Aufserdem aber würde sie hier auch in sofern eine unpassende Lage haben, als die in der Thalfahrt begriffnen Schiffe, sobald ein bedeutender Strom über das Wehr stürzt, leicht durch diesen gefafst und auf das Wehr getrieben werden könnten.

Beinahe jedesmal befindet sich die Schleuse in einem Canal zur Seite des Stroms. Dieser Canal liegt am passendsten auf derselben Seite, wo der Leinpfad ist, weil man sonst oberhalb und unterhalb des Wehrs die Schiffe quer über den Strom führen müfste, was beschwerlich und oft gefährlich ist. Zuweilen liegt der Schleusen-Canal in der Sehne einer Serpentine, und in diesem Fall hebt diese Schleuse nicht selten nur das natürliche Gefälle des Stroms in der Krümmung auf, ohne dafs eine künstliche Stau-Anlage darin vorkommt. Ein Beispiel dafür ist der theilweise unterirdisch geführte Kanal St. Maur in der Marne oberhalb Paris. In diesem Fall ist die Länge des Schleusen-Canals gegeben, sonst aber kann man diese, so wie auch die Lage der Schleuse selbst und die ganze Anordnung in verschiedner Weise bestimmen. Hierbei sind indessen manche Umstände zu berücksichtigen, die wesentlichen Einfluſs auf die Anlage- und Unterhaltungskosten, so wie auf die Bequemlichkeit und Sicherheit der Schiffahrt haben.

Es darf kaum erwähnt werden, dafs man aus Rücksicht auf Kosten-Ersparung den Canal in möglichst geringer Länge darstellt, seine beiden Mündungen müssen aber jedenfalls weit genug vom Wehr entfernt sein, um bei höhern Wasserständen, wenn ein starker Strom über dieses stürzt, die Schiffe keiner Gefahr auszusetzen. Gebirgsströme, die viel Material, und zwar groben Kies, mit sich führen, pflegen solchen in grofsen Bänken unterhalb des Wehrs abzulagern, so dafs hier bei kleinem Wasser die hinreichende Fahrtiefe nicht leicht erhalten werden kann. Es ist vortheilhaft, solche Stellen durch den Schleusen-Canal zu umgehn und diesen so weit zu führen, bis der Strom wieder zwischen regelmäfsigen Ufern fliefst. Eine andre Rücksicht, die man bei Bestimmung der Lage des Schleusen-Canals zu nehmen hat, die auch seine Länge

bedingt, bezieht sich auf die Weite des Fluthprofils. Der Canal selbst darf nämlich vom Hochwasser nicht durchströmt werden, weil dadurch sowohl in ihm, wie in der Schleuse starke Verflachungen, auch andre Beschädigungen veranlafst würden. Dasselbe ist auch zu befürchten, wenn unterhalb der Schleuse ein starker Strom über das Ufer in das weit geöffnete Profil des Canals tritt. Hiernach empfiehlt es sich, den Schleusen-Canal in wasserfreies Terrain zu verlegen, was jedoch vielfach nicht möglich ist.

Die Schleuse findet die passendste Stelle nahe oberhalb der Ausmündung des Canals, weil derjenige Theil des letztern, der oberhalb der Schleuse liegt, noch mit Oberwasser gefüllt wird, und sonach weniger tief als der Unter-Canal ausgegraben werden darf. Dieser Anordnung treten indessen oft andre wichtige Rücksichten entgegen. Durch den höhern Wasserstand kann nämlich der Abfluſs von Bächen gestört, auch wohl die Inundation der nächst gelegnen Ländereien veranlafst werden. Endlich ist die Wahl der Schleusenbaustelle häufig durch die Beschaffenheit des Grundes und andre locale Rücksichten so bestimmt vorgezeichnet, dafs man gezwungen ist, den Ober-Canal abzukürzen und dem Unter-Canal eine gröfsere Ausdehnung zu geben.

Der Ober-Canal wird gemeinhin so verbreitet, dafs mehrere Schiffe hier sicher liegen können, ohne den heraufkommenden Schiffen den Weg zu sperren. Aufserdem ist aber eine ansehnliche Profilweite dieses Canals auch insofern nothwendig, als er die Schleuse speist, und das Wasser in ihm beim Oeffnen der Schütze weder stark gesenkt, noch auch in heftige Strömung versetzt werden darf. Das Oberwasser fällt gemeinhin oberhalb der Schleuse beim Oeffnen der Schütze um einige Zolle, zuweilen aber noch tiefer und wohl um einen ganzen Fufs. In dem ältern, ziemlich schmalen und sehr langen Schleusen-Canal bei Mühlheim an der Ruhr geschah dieses so stark, dafs die Schiffe bei kleinem Wasser alsdann nicht mehr schwammen, sondern auf dem Grunde lagen.

Im Unter-Canal verursacht das Oeffnen der Schütze eine ganz entgegengesetzte Wirkung. Das Wasser sinkt daselbst nämlich nicht, sondern steigt, was ohne Nachtheil ist. Dabei entsteht indessen eine Strömung, die um so stärker wird, je enger der Canal ist. Auch ist es für den Schiffsverkehr nachtheilig, wenn

die nöthige Breite zum Ausweichen zweier Schiffe hier fehlt. Wenigstens in der Nähe der Schleuse mufs hinlänglicher Raum bleiben, damit die in der Bergfahrt begriffnen Schiffe den Eintritt in die Schleuse abwarten können, ohne den herabkommenden hinderlich zu werden. Es giebt indessen einen andern Grund, der die Annahme einer überflüssigen Breite, falls dieselbe auch leicht darzustellen wäre, für den Unter-Canal verbietet. Beide Mündungen des Schleusen-Canals sind nämlich, insofern sie nur vorübergehend durchströmt werden, der Verflachung ausgesetzt, sie nehmen daher, wie jede andre Bucht zur Seite des Stroms, in welche derselbe nicht eindringt, allen Sand und Kies auf, der von dem durchfliefsenden Wasser hineingetrieben wird. Aufserdem setzen sich beide Canäle in ihrer ganzen Länge bei allen Veränderungen des Wasserstandes mit dem Ober- und Unterwasser ins Niveau. Bei jeder Anschwellung tritt daher trübes Wasser in sie hinein, welches, nachdem die Canäle gefüllt sind, zur Ruhe kommt, und alle erdigen Theilchen darin absetzt, so hafs es beim spätern Sinken des Wasserstandes im Strom vollkommen klar abfliefst.

Beide Ursachen der Verflachung kommen zwar eben sowohl im Ober-Canal, wie im Unter-Canale vor, ihre Wirkungen sind aber nicht gleich grofs, sondern im letzten viel bedeutender. Im Oberwasser ist nämlich die Strömung wegen der Anstauung durch das Wehr nur mäfsig, daher wird weniger Material in die obere Mündung hineingeführt. Andrerseits ist der Wechsel des Wasserstandes oberhalb des Wehrs auch viel geringer, als unterhalb desselben, daher füllt sich der Ober-Canal bei jeder Anschwellung in geringerm Maafse, als der Unter-Canal. Die Erfahrung bestätigt dieses vollständig. Die Verflachungen in den Unter-Canälen sind allgemein viel bedeutender, und namentlich sind sie in den Mündungen selbst so grofs, dafs man hier häufig und bei manchen Anlagen sogar nach jedem Hochwasser Aufräumungen vornehmen mufs. Besonders findet dieses statt, wenn die Unter-Kanäle sehr lang und breit sind, auch wohl das Hochwasser von der Seite in sie hineintritt. Manche Baumeitser empfehlen daher, die Mündungen der Unter-Canäle so schmal zu halten, dafs nur eben ein Schiff hindurchgehn kann, auch öffnet man zuweilen während des höhern Wassers die Schütze in den Schleusenthoren, um einen starken Strom hervorzubringen, der die Mündung wieder vertieft.

Dieses ist indessen insofern bedenklich, als dadurch grofse Quantitäten trübes Wasser in den Canal geführt werden, die leicht in dessen ganzer Länge mehr Sand und Erde niederschlagen, als sie aus der Mündung treiben.

Wenn die vorstehend erwähnten Uebelstände auch möglichst beseitigt werden, so läfst sich der Aufenthalt doch nicht vermeiden, den die Schiffe beim Durchgang durch die Schleuse erfahren. Man kann freilich durch Anstellung von Knechten das Oeffnen und Schliefsen der Thore und Schütze wesentlich beschleunigen, auch durch doppelte Besetzung der Schleusenwärter-Stellen während der Nacht die Arbeit fortsetzen, aber dennoch gelingt es wohl niemals, mehr als etwa 70 Fahrzeuge in 24 Stunden in derselben Richtung durchzuschleusen. Dieses würde freilich selbst bei sehr lebhaftem Verkehr genügen, wenn der Schiffahrts-Betrieb regelmäfsig stattfände, und nicht etwa auf gewisse Zeiten beschränkt wäre. Das letzte findet in vielen Fällen wirklich statt, und namentlich wenn der Strom bei kleinem Wasser wenig Tiefe hat, bei starkem Regen aber schnell anschwillt So geschieht es z. B. auf der Ruhr, dafs hunderte von Schiffen mit Kohlen beladen vor den verschiednen Halden zum Abfahren bereit liegen, und sobald endlich das erwartete Hochwasser eintritt, das während des Sommers nur kurze Zeit und selten länger, als einige Tage anzuhalten pflegt, so fahren alle Schiffe zu gleicher Zeit ab und treffen vor den Schleusen zusammen, wo sie theilweise so lange aufgehalten werden, dafs sie wegen des inzwischen eingetretnen kleinen Wasserstandes, nachdem sie endlich die Schleuse passirt haben, die Fahrt nicht weiter fortsetzen können.

Die Kammerschleuse ist indessen, wenn sie auch die gröfste Bequemlichkeit für die Ueberführung der Schiffe bietet, dennoch nicht das einzige Mittel zur Ueberwindung der starken Gefälle. Das § 57 angegebne Verfahren, dessen man sich besonders in Frankreich häufig bedient, um einen höhern Wasserstand periodisch darzustellen, und die zu Thal fahrenden Schiffe zugleich mit der angesammelten Wassermenge, also auf dem Rücken der Fluthwelle bis zum nächsten Stau herabzuführen, beruht gleichfalls auf Anlagen, welche den Uebergang der Schiffe aus dem Oberwasser in das Unterwasser möglich machen. Die Niveaudifferenz ist freilich gemeinhin in diesem Falle nicht bedeutend, weil der hindurchstürzende

Strom den Unterwasserspiegel sogleich hebt. Die Vorrichtungen, wodurch der Stau dargestellt und plötzlich aufgehoben, und diese Art dieses Schiffahrts-Betriebes möglich wird, sind nichts andres, als die beweglichen Wehre, von denen schon die Rede war (§ 47 und 48). Man benutzt indessen zu demselben Zweck auch andre Anlagen, die zum Theil nicht wesentlich von den beweglichen Wehren verschieden sind.

Dieses sind die Stauschleusen. Sie kommen nicht häufig vor und bestehn in Stauwänden, die das ganze Flufsbett schliefsen und mit Oeffnungen versehn sind, welche eine solche Breite haben, dafs ein Schiff sie bequem passiren kann. Sie sind älter, als die Kammerschleusen, und haben wahrscheinlich die nächste Veranlassung zur Erfindung der letztern gegeben, indem diese eigentlich nur aus zwei nahe hinter einander liegenden Stauschleusen bestehn. Nach Woltman*) war die Stecknitz vom Möllner-See abwärts bis zur Mündung in die Trave schon früher mittelst drei Stauschleusen schiffbar gemacht, als in den Jahren 1391 bis 1398 der übrige Theil der Stecknitz von dem Möllner-See bis zur Elbe in gleicher Weise behandelt und mit zehn Stauschleusen versehn wurde.

Auch die Alster ist auf vier Meilen Länge von Hamburg aufwärts durch Stauschleusen schiffbar gemacht. Einen Querschnitt derselben zeigt Fig. 243 auf Taf. XXX., und zwar vom Unterwasser aus gesehn. Sie sind eigentlich Freiarchen und bestehn eben so wie diese aus Vor- und Hinterböden und Seitenwänden. Die Vorrichtung zum Schliefsen der Oeffnung ist jedoch von den bisher beschriebnen verschieden. Zwei Thore, welche den gewöhnlichen Schleusenthoren ähnlich sind, drehn sich um verticale Achsen uud lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten gegen eine über den Boden vortretende Schwelle, und oben gegen einen Spannriegel, der beide Seitenwände mit einander verbindet. Diese Thore sind zur Unterscheidung von den festen Verbandstücken in der Zeichnung schraffirt. Das gleichschenklige Dreieck, welches die geschlofsnen Thore im horizontalen Durchschnitt bilden, hat bei den Schleusen in der Alster etwa den zwanzigsten Theil der Basis nur Höhe, während die Stemmthore bei gewöhnlichen Kammerschleusen, wie später angeführt werden soll, sich gegen die Schen-

*) Beiträge zur Schiffbarmachung der Flüsse. Seite 170.

kel eines Dreiecks lehnen, dessen Höhe mindestens dem vierten Theil der Basis gleich ist. Bei den Stauschleusen auf der Stecknitz liegen sogar die Flächen der beiden Thore in einer Ebene, oder die Höhe jenes Dreiecks ist gleich Null.

Eine andre Eigenthümlichkeit der Thore dieser Stauschleusen besteht darin, dafs sie sich nicht unmittelbar berühren, sondern dazwischen eine Oeffnung bleibt, die durch ein Schütz geschlossen wird. Endlich sind die Thore auch nicht mit einem dichten Bohlenbelag verkleidet, sondern zwischen je zwei Stielen ist das Feld offen geblieben, und wird durch ein Schütz geschlossen. Auf diese Weise bestehn die Thore eigentlich nur aus Rahmen, und alle Stiele, so wie auch die Wendesäulen sind wie Griessäulen mit Nuthen versehn. In dieser Beziehung stimmen die Stauschleusen der Alster mit denen der Stecknitz überein. Will man sie öffnen, so hebt man ein Schütz nach dem andern aus, wozu die beiden darüber angebrachten Winden dienen, die mittelst durchgesteckter Hebel gedreht werden. Die Schütze befestigt man aber, sobald sie aus dem Wasser gezogen sind, mit Haken an die Thore. Nur das mittelste Schütz mufs jedesmal ganz herausgenommen werden, doch wird dieses nur zur Zeit des kleinsten Wassers eingestellt, um den Strom nicht ganz zu sperren. Das Wasser ergiefst sich, sobald die Schütze gehoben sind, durch die Oeffnungen zwischen den Stielen, und indem die letzten nur einen geringen Druck erleiden, so kann man mittelst Windevorrichtungen die Thore gegen den Strom öffnen.

Der Stau neben jeder Schleuse beträgt etwa 5 Fufs und in den zwischenliegenden Stromstrecken bleibt gewöhnlich noch ein bedeutendes Gefälle. Wenn ein Schiff durchgeführt werden soll, so geschieht dieses nicht unmittelbar nach dem Oeffnen der Thore, sondern man läfst zuerst das Wasser so lange hindurchströmen, bis das Gefälle in der Schleuse sich etwa auf die Hälfte ermäfsigt hat.

Zur Erleichterung der Schiffahrt auf der Berkel, wovon schon § 57 die Rede war, sind gleichfalls mehrere Stauschleusen angelegt. und zwar eben sowohl im Holländischen, als in neuerer Zeit im Preufsischen. Fig. 244 *a*, *b* und *c* zeigt die im Preufsischen Gebiet unterhalb der Hühner-Brücke erbaute Stauschleuse. Die ganze Anordnung und Construction ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Zeichnung, zur Erleuterung derselben ist nur zu bemerken, dafs die beiden Seitenöffnungen zur Abführung des

Hochwassers dienen. Ihre Breite mifst 9 Fufs und sie sind gewöhnlich durch Schütze geschlossen, welche sich der Sicherheit wegen noch gegen Mittelstiele lehnen. Die mittlere, für den Durchgang der Schiffe bestimmte Oeffnung ist 12 Fufs 6 Zoll weit und wird durch Versatzbohlen geschlossen, welche mit Hülfe der darüber befindlichen Winde leicht gehoben werden können. Um das Durchbiegen dieser Bohlen zu verhindern, sind dahinter noch zwei Setzpfosten angebracht, die sich gegen einen Griesholm lehnen. Sobald ein Schiff durchgelassen werden soll, hebt man mittelst der Winde zuerst die Versatzbohlen aus, sodann die Setzpfosten und endlich den Riegel. Der Stau beträgt, wenn einige Bohlen eingesetzt sind, 3 bis 4 Fufs, während des Aushebens der verschiednen Theile, welche die Oeffnung schliefsen, vermindert er sich indessen schon, und die Schiffe dürfen daher keinen förmlichen Wassersturz, sondern nur eine starke Stromschnelle überfahren.

Den Stauschleusen ähnlich sind die Schiffsdurchlässe. Beide Benennungen werden häufig mit einander verwechselt und es möchte auch schwer sein, die unterscheidenden Merkmale scharf zu bezeichnen. Nach dem eingeführten Sprachgebrauch nennt man die Anlage einen Schiffsdurchlafs, sobald das Gerinne eine gröfsre Längen-Ausdehnung hat und der Boden und die Seitenwände nicht nur dazu dienen, die Stauvorrichtung gegen Unterspülung zu sichern, sondern zugleich das Gefälle auf eine angemefsne Länge zu vertheilen, also das relative Gefälle zu mäfsigen. Es folgt hieraus schon, dafs im Allgemeinen das absolute Gefälle des Stroms an den Stellen, wo Schiffsdurchlässe erbaut sind, gröfser sein darf, als neben den Stauschleusen. Wenn aber auch beide, während sie geschlossen sind, einen gleich hohen Stau erzeugen, so ist dennoch ihr Gefälle zur Zeit des Durchgangs der Schiffe wesentlich verschieden. Bei der Stauschleuse wird nämlich schon vorher das Oberwasser stark gesenkt, beim Schiffsdurchlass behält dasselbe dagegen sehr nahe seinen frühern Stand. Die Wahl zwischen beiden Anlagen ist sonach theils durch die Wassermenge des Stroms, theils durch das Gefälle und die sonstigen Umstände bedingt, hierher gehört namentlich, dafs die grofse Wassermenge welche die Stauschleuse abführt, weiter abwärts den Wasserstand hebt, und dadurch den Uebergang über manche Untiefen erleichtert.

Beim Uebersturz über ein Wehr und in gleicher Weise auch

durch eine Stauschleuse nimmt das Wasser eine stark abwärts gerichtete Bewegung an. Diese setzt sich in Folge des Beharrungsvermögens des Wassers noch fort, sobald der Strahl das Niveau des Unterwassers erreicht hat. Es bilden sich daher Senkungen im Wasserspiegel, die so tief sind, dafs das Unterwasser über dem herabstürzenden Strahl in entgegengesetzter Richtung zufliefst und bis zu einer gewissen Entfernung sich der Stauvorrichtung nähert. Sobald dieser Gegenstrom aber an die Stelle gelangt, wo sein Gefälle geringer und durch die Mittheilung der Bewegung, oder durch die Adhäsion des Wassers seine Geschwindigkeit aufgehoben wird, so hört er plötzlich auf, während immer neue Wassermassen in gleicher Weise von ihm erfasst werden, und er fortwährend an derselben Stelle verschwindet. Die ganze Erscheinung ist sehr auffallend. Der Hauptstrom zeigt die spiegelglatte Oberfläche, der Gegenstrom dagegen ist durch zahllose Wellen gekräuselt, welche die Richtung seiner Bewegung erkennen lassen. Aufserdem treibt eine Menge Schaum an seiner Oberfläche, die Luftbläschen, woraus der Schaum besteht, können aber, weil sie zu leicht sind, nicht vom Hauptstrom in die Tiefe gerissen werden, bleiben also auf der Grenze zwischen beiden, und diese Grenze markirt sich daher gemeinhin noch deutlicher durch einen starken Schaumstrich.

Die herabfahenden Schiffe werden, wenn sie nicht stark beladen sind, und sonach keine grofse Mafse haben, in ihrer Bewegung plötzlich merklich aufgehalten, sobald sie in den Gegenstrom treten. Minard erzählt,*) dafs bei einem Hochwasser im Corrèze-Flusse ein grofses leeres Schiff losgerissen und durch die Oeffnung im Wehre bei Brives getrieben wurde. Es blieb aber dicht dahinter im heftigsten Strom liegen, und zwar über fünf Stunden lang, indem der Gegenstrom, sobald es sich entfernte, es immer zurückführte und es dabei so heftig gegen das massive Wehr stiefs, dafs dieses stark bechädigt wurde. Minard beobachtete dieselbe Erscheinung auch an der Marne. Er fuhr in einem kleinen Nachen nach dem Stau bei St. Maur, und liefs sich bis an den Wassersturz ziehn. Der Nachen wurde durch den Gegenstrom am Herabtreiben verhindert, und blieb ruhig liegen. Die Ruder

*) *Cours de construction des ouvrages, qui établissent la navigation des rivières et des canaux.* Paris 1841. Seite 135.

durften nur selten benutzt werden, und zwar nur, um den Nachen in der Richtung des Stroms zu erhalten. Es trat eine hin- und hergerichtete gleichsam pendelnde Bewegung ein, die sich jedesmal so weit ausdehnte, bis der entgegenkommende Strom der Bewegung des Nachens eine andre Richtung gab. Dieser Versuch wurde auf eine volle Stunde ausgedehnt.

Bei Schiffsdurchlässen habe ich diesen Gegenstrom nie bemerkt. Er stellt sich wahrscheinlich deshalb nicht ein, weil der Hauptstrom sich schon der horizontalen Richtung nähert. Letzterer trifft aber eine Wassermasse, die eine viel geringere Geschwindigkeit hat, und der Stoss veranlasst einen Druck, der sich im vertikalen Aufsteigen des Wassers zu erkennen giebt. Es bildet sich daher eine hohe stehende Welle, die aber wegen der Störung des Gleichgewichts, die sie verursacht, sich nicht an einen horizontalen Wasserspiegel anschliessen kann, ihr folgt vielmehr ein ganzes System ähnlicher stehenden Wellen, deren Höhe jedoch sehr schnell abnimmt, so dafs man gemeinhin nur etwa vier solche deutlich unterscheiden kann. Das herabfahrende Schiff wird auch in diesem Fall, wegen der plötzlichen Verminderung der Geschwindigkeit des Wassers, und noch mehr durch den Stofs gegen die stehende Welle sehr merklich in seiner Bewegung gehemmt.

Die Schiffsdurchlässe findet man am häufigsten, vielleicht ausschliefslich im südlichen Deutschland. Zunächst mögen diejenigen beschrieben werden, die früher an der Lahn im Nassauischen benutzt wurden, und nothdürftig einigen Schiffahrtsbetrieb bis Weilburg möglich machten. Jetzt sind sie sämmtlich eingegangen und durch Schiffsschleusen ersetzt. Man nannte sie dort Lücken.

Die Schiffe, welche damals die Lahn befuhren, waren bei einer Länge von 72 Fufs beinahe 11 Fufs breit und 4 Fufs hoch. Sie luden 700 bis 800 Centner. Die dortigen Wehre verursachen bei den gewöhnlichen Wasserständen einen Stau von 4 Fufs oder etwas darüber, womit das Gefälle der Schiffsdurchlässe übereinstimmte. Letztere befanden sich in den Wehren selbst, indem ein Theil der Wehrrücken, etwa in der Länge von 20 Fufs fehlte, und durch eine hölzerne Rinne ersetzt war, in welcher die Schiffe herab- und herauffuhren. Die Länge der Rinnen betrug 25 bis 30 Fuss, woher sie eine Neigung von sechs- bis achtfacher Anlage hatten. In einzelnen Fällen war die Neigung jedoch bedeutend

flacher, doch reichte alsdann der Boden der Rinne nicht tief genug unter das Unterwasser herab, und es bildete sich noch ein merklicher Wassersturz daselbst, der den Durchgang der Schiffe sehr erschwerte.

Zum Abschlufs der Rinne während des kleinen Wassers dienten einige hochkantig gestellte Bohlen. Da dieselben jedoch in der Mitte einer Unterstützung bedurften, weil sie sonst gebrochen wären, so wurde in ein Loch im Fachbaume eine eiserne Stange eingesetzt, die man jedesmal ausheben mufste, ehe ein Schiff durch ging. Dieses Ausheben, sowie das Wiedereinstellen der Stange und der Bohlen geschah von einem Nachen aus, der mittelst einer langen Leine weiter aufwärts am Ufer befestigt war.

Das Wasser strömte mit zunehmender Geschwindigkeit durch die Rinne, wie sich schon durch den verschiedenen Wasserstand in derselben zu erkennen gab. In dem stark geneigten Schiffsdurchlafs im Nieverner Wehre maafs ich den Wasserstand oben 26 Zoll, in der Mitte 18 Zoll und unten 9 Zoll. Die Messung mit einem Woltmanschen Flügel ergab die Geschwindigkeit oben 6,4, in der Mitte 11,1 und unten 16,5 Fufs in der Sekunde.

Das Herabfahren geschah gemeinhin ohne besondere Mühe, indem die meisten Durchlässe eine Richtung hatten, die der des Flufsbettes unterhalb entsprach, woher das Schiff, sobald es mit der grofsen Geschwindigkeit aus der Rinne, in das beinahe stillstehende Wasser kam, den Cours nicht ändern durfte. Nur der Durchlafs bei Balduinstein ohnfern der Schaumburg hatte eine sehr gefährliche Richtung, die gerade auf einige Felsen vor dem linken Ufer hinwies. Um das Schiff von diesen abzuhalten, genügte nicht das Steuer, es waren daher noch einige Pfähle unterhalb des Durchlasses eingerammt, und in diese mufsten die Schiffer während des schnellen Vorbeitreibens Bootshaken einstossen und dadurch das Schiff absetzen. Das Manöver erfolgte, so oft ich es sah, mit einer solchen Präcision und überraschenden Geschicklichkeit und Energie, dafs der hohe Werth, den die Lahn-Schiffer auf ihre Kunst legten, und die Geringschätzung, womit sie von dem spätern Schiffahrtsbetriebe sprachen, vollkommen begründet war. Der Schiffsverkehr wurde hier ausschliefslich in der Art betrieben, dafs die Frachten (grofsentheils Eisenerze) nur stromabwärts gingen und die Schiffe immer leer zurückkehrten. Hierdurch wurde das Herauffahren in den Durchlässen sehr erleichtert. Sobald das

Schiff an einen Durchlafs kam, hielt man es an und befestigte den einen Block eines Flaschenzuges an das Schiff, den zweiten an einen Pfahl, der oberhalb des Wehrs zu diesem Zweck im Ufer eingegraben war. Man spannte alsdann das Pferd vor das in den Flaschenzug eingeschorne Tau und ohne grofse Anstrengung ging das Schiff herauf.

Wenn die zu überwindenden Gefälle gröfser sind, müssen die Schiffsdurchlässe mit mehr Sorgfalt angeordnet werden. Die darin befindlichen Schiffe schleifen grofsentheils auf dem Boden, indem der Wasserstand nicht hoch genug ist, um sie schwimmend zu erhalten. Sie können schon aus diesem Grunde nicht mehr gesteuert werden, dieses verbietet sich aufserdem aber auch dadurch, dafs ihre Geschwindigkeit zu grofs ist, als dafs man sie noch rechtzeitig drehen könnte.

Man giebt denjenigen Schiffsdurchlässen, in welchen gröfsere Gefälle liegen, eine Breite, die zwar im obern Eingange so bebedeutend ist, dafs sie ein bequemes Einfahren gestattet, weiter abwärts sich jedoch nach und nach vermindert, und am untern Ende so geringe ist, dafs das Schiff wenig freien Spielraum behält und durch die Wände der Rinne in der gehörigen Richtung gehalten wird. Wiebeking*) empfiehlt die Rinne in dem stromabwärts gekehrten Theile nur um 2 bis 3 Fufs breiter als die durchgehenden Schiffe zu machen, ihr jedoch in der obern Mündung eine bedeutend gröfsere Breite zu geben, damit der Wasserstand bei der zunehmenden Geschwindigkeit des Wassers am untern Ende nicht zu geringe wird. Solche Erweiterung verbietet sich jedoch, wenn gröfsere Schiffe den Durchlafs benutzen sollen, durch die Schwierigkeit, das breitere Schütz zu heben.

Bei stärkern Gefällen mufs man die Rinne recht flach halten, oder ihr nur eine geringe Neigung geben, auch mufs man sie jedesmal gehörig tief in das Unterwasser herabführen. Pechmann**) sagt, die Länge der Rinne müsse wenigstens das Funfzigfache der Niveau - Differenz zwischen Ober - und Unterwasser betragen. Wiebeking gestattet einen etwas weitern Spielraum und verlangt

*) Theoretisch praktische Wasserbaukunst, zweite Auflage. III. Band. München 1814. Seite 166.

**) Praktische Anleitung zum Flufsbau. II. Band. München 1826. Seite 80.

nur, dafs die Länge der dreifsig- bis funfzigmaligen Gröfse des Gefälles gleich sein solle, wahrscheinlich ist das Dreifsigfache schon die äufserste Grenze, welche bei Anlagen dieser Art überhaupt vorkommt.

Die Rinne mufs jedenfalls einen hölzernen Boden erhalten, der ziemlich eben ist, und aus dem keine Nägel vortreten dürfen, weil die Schiffe sonst, während sie darüber gleiten, leiden würden. Aufserdem müssen die Seitenwände, besonders wenn die Rinne enge und lang ist, verkleidet werden, da ohne diese Vorsicht das Gegenstofsen gefährlich wäre. Da aber sowohl der Druck gegen den Boden, als der Stofs gegen die Seitenwand immer sehr stark ist, so darf die Verkleidung nirgend hohl liegen, wodurch ein Bruch herbeigeführt werden könnte. Man packt daher den Boden zwischen den Schwellen sorgfältig mit Steinen aus, und bemüht sich durch zwischengelegtes Moos oder eingestampften Thon ihn einigermafsen wasserdicht zu machen. Die Seitenwände bestehn gemeinhin aus Balken, die wie in einer Blockwand unmittelbar auf einander liegen. Wenn besondere Vorsicht nöthig ist, um dem Wasserverlust möglichst vorzubeugen, so werden auch wohl alle Fugen durch Werg oder wenigstens durch Moos gedichtet. Reparaturen sind dabei sehr leicht, indem die Rinne, sobald die obere Mündung geschlossen ist, trocken wird, und bis zum Unterwasser hin begangen werden kann.

Die Seitenwände von der obern Mündung des Durchlasses erstrecken sich über die Stelle hinaus, wo der Abschlufs stattfindet, und zwar divergiren sie hier wie Flügelwände, so dafs sie eine stark erweiterte Einfahrt bilden. Hieraus entsteht nicht nur der Vortheil, dafs die Schiffe leichter hineingeführt werden können, sondern es wird dadurch auch die Gelegenheit geboten, die Schiffe unmittelbar neben der Rinne sicher zu befestigen.

Die Vorrichtungen zum Schliefsen der Schiffsdurchlässe sind sehr verschieden. Am häufigsten benutzt man ein einzelnes Schütz, das die ganze Oeffnung schliefst, und unter welchem das Schiff hindurchgeht. Wenn das Heben eines solchen Schützes auch eine bedeutende Kraft erfordert, und sonach besondre mechanische Vorkehrungen dazu nothwendig werden, so gewährt es doch den grofsen Vorzug, dafs das Manöver durchaus sicher ist, und die Absperrung nach dem jedesmaligen Durchlassen eines Schiffes

schnell und vollständig wieder bewirkt werden kann, während die Wiederaufstellung andrer Stau-Vorrichtungen nur langsam von statten geht, und sonach mit einem gröfsern Wasserverlust verbunden ist, der theils für die Mühlen-Anlagen und theils für die Schiffahrt wegen der Senkung des Oberwassers nachtheilig sein würde. Das Heben des Schützes wird dadurch erleichtert, dafs die Anschwellungen oberhalb des Wehrs bei dessen starkem Gefälle nicht bedeutend sind, und sonach der Wasserdruck gegen das Schütz sich niemals so sehr vergröfsert, dafs die Reibung dadurch in hohem Grade verstärkt würde. Die Vorrichtung zum Heben des Schützes besteht gewöhnlich darin, dafs man dasselbe an zwei Flaschenzüge hängt, und die beiden Taue der letzteren über eine gemeinschaftliche Welle schlingt, welche durch ein grofses Haspelrad oder auch wohl durch ein Laufrad gedreht wird.

Das Heraufziehn der Schiffe in den Durchlässen ist jedesmal mühsam, und bedingt eine solche Verstärkung des Zuges, dafs die gewöhnliche Bespannung des Schiffes hierzu in den meisten Fällen nicht genügt. Es ist daher nothwendig, vor dem Einfahren in die Rinne noch Vorspann zu nehmen, oder man mufs gewisse mechanische Vorrichtungen benutzen, wie dieses nach der obigen Mittheilung auch auf der Lahn geschah. Aufserdem wird der Leinenzug durch die Rüstung, worin das Schütz hängt, unterbrochen, während es dennoch nothwendig ist, das Schiff aus der Rinne herauszuziehn, weil es erst zwischen den zurücktretenden Flügelwänden an eine Stelle gelangt, wo die Strömung mäfsiger wird, und es sicher befestigt werden kann. Zuweilen hilft man sich damit, dafs die Pferde das Schiff anfangs nur bis gegen das Schütz ziehn, worauf es in dem heftigen Strom so lange liegen bleibt, bis die Pferde weiter stromaufwärts geführt sind, und die Leine unter dem Schütz hindurch an das Schiff zurückgebracht ist.

Pechmann empfiehlt die an der Vils und Naab übliche Methode, wobei die Zugleine nicht, wie sonst geschieht, am vordern Theile des Schiffs, oder an der Stelle, wo der Mast zu stehn pflegt, sondern hinten befestigt wird. Diese Anordnung ist in sofern nicht nachtheilig, als ein Drehn wegen der beschränkten Breite des Durchlasses doch nicht erfolgen kann. Die Leine wird dabei aber nicht unmittelbar an das Schiff gebunden, sondern über einen einscheibigen Block gezogen, der neben dem

Steuerruder befestigt ist. Das eine Ende des Zugtaues wird oberhalb des Durchlasses an einen Pfahl auf dem Ufer gebunden und an das andere werden die Pferde gespannt. Die Kraft, welche die letzern ausüben, darf daher nur etwas gröfser sein, als die Hälfte des Widerstandes, den das Schiff erfährt. Das Schiff wird aber soweit aufgezogen, dafs es mit seiner ganzen Länge im Oberwasser schwimmt. Sollte diese Anordnung wegen besondrer Local-Verhältnisse sich verbieten, so kann man die Leine noch über eine Rolle leiten, die an der Griessäule befestigt ist, und alsdann die Pferde in jeder beliebigen Richtung am Ufer gehn lassen. Hierdurch wird auch Gelegenheit geboten, den Leinpfad zur Seite des Durchlasses wieder zu benutzen. Dieser Leinpfad steigt nämlich gemeinhin ungefähr eben so steil an, wie der Durchlafs selbst, stellenweise pflegt er aber noch steiler zu sein, woher die Pferde, indem sie ihn ersteigen, keinen bedeutenden Zug ausüben können. Ihr Zug verstärkt sich aber, wenn sie unter solchen Verhätnissen in der entgegengesetzten Richtung gehn. Man spannt daher die Pferde vor die Leine, nachdem dieselbe über eine feste Rolle am obern Ende des Durchlasses geschlungen ist, und läfst sie, während sie den Zug ausüben, den Leinpfad herabgehn. Endlich ist noch zu erwähnen, dafs man in manchen Fällen die Leine oberhalb des Durchlasses an das Ufer oder einen Anker im Strom befestigt und das Schiff mittelst einer kräftigen Winde-Vorrichtung, die sich auf demselben befindet, heraufzieht.

Als Beispiel eines gröfsern Schiffsdurchlasses mag derjenige beschrieben werden, der wahrscheinlich unter allen der bedeutendste ist, und sich neben dem Dorfe Traunfall in Ober-Oesterreich befindet. Sein Gefälle beträgt nach Wiebeking's Angabe 48 Fufs.

Die Traun ist von Ischl abwärts schiffbar, indem sich hier die reichen Zuflüsse aus dem Hallstädter- und Ober-See vereinigen. Drei Meilen weiter tritt sie wieder in einen See, den Traunsee, und etwa eine Meile unterhalb Gmunden, wo sie denselben verläfst, bildet sie in dem engen Felsenthal den Wassersturz, der dem Dorfe daneben den Namen gegeben hat. Aehnliche, jedoch kleinere Wasserfälle wiederholen sich in ihrem Lauf, und jedesmal wird durch einen Schiffsdurchlafs der Uebergang über dieselben vermittelt. Die sämmtlichen Constructionen, sowohl Wehre als Leinpfade, Einschränkungswerke und zum Theil selbst die Schiffsdurch-

lässe stimmen mit dem §. 31 beschriebnen Senkkasten überein, und bestehn in dichten Holzwänden mit Steinschüttung.

Die Schiffahrt auf der Traun beschränkt sich auf den Salztransport aus dem Salzkammergut nach der Donau. Die Schiffe, die hier fahren, sind ungefähr 90 Fufs lang, 18 Fufs breit und gehn beladen bei kleinem Wasser wenig über 2 Fufs tief. Sie werden aufser dem Steuerruder mittelst Schurbäumen, und an den Stellen, wo die Tiefe die Benutzung der letztern nicht gestattet, durch kurze Brettstücke an Stielen regiert, die man an verschiednen Stellen und namentlich in der Nähe des Vordertheils schräg in das Wasser hält und die in derselben Weise, wie das eigentliche Steuerruder wirken. Die Schiffe befahren nicht nur die Traun, sondern setzen den Weg auf der Donau ab- und aufwärts nach Linz, Passau und zum Theil bis Wien fort. In neuerer Zeit hat jedoch die Bergfahrt auf der Traun ganz aufgehört, woher die Schiffe meist, sobald sie die Donau erreicht haben, entladen und zerschlagen werden.

Fig. 250 Taf. XXXII zeigt die Lage des Wehrs und dieses Schiffsdurchlasses *). Der Stau ist grofsentheils schon durch die Natur gebildet, indem eine Felsbank durch den Strom setzt, welche mit mächtigen Steinblöcken überdeckt ist. Das Wehr ist daher nicht sowohl ein zusammenhängender Bau, als es vielmehr nur die Zwischenräume zwischen den einzelnen Blöcken schliefst. Aufserdem ist es durch eine Menge Steifen gegen andre Felsen gestützt. Zwischen seinem obern Ende und dem linken Ufer befindet sich bei *D* eine Freiarche, die durch ein Schütz von 24 Fufs Breite geschlossen ist, und zur Abführung der Fluthen dient. Das Gefälle beträgt hier etwa 40 Fufs, in dem Unterwasser liegt aber bis zur Ausmündung des Schiffsdurchlasses bei *B* noch ein Gefälle von etwa 8 Fufs, so dafs das ganze Gefälle der Rinne, wie bereits erwähnt, 48 Fufs beträgt. Das untre Ende des Wehrs lehnt sich an die linke Seite des Schiffsdurchlasses. Weiter rechts unmittelbar neben dem Ufer befindet sich das Mühlengerinne, durch welches zwei Mühlen getrieben werden. Das Betriebswasser derselben

*) Diese Situations-Charte ist aus Wiebeking's Wasserbaukunst entnommen, doch sind einige Aenderungen nach sonstigen Notizen und eignen Wahrnehmungen eingeführt.

fliefst dem Schiffsdurchlasse zu, und zwar ziemlich nahe an seiner obern Mündung, woher die Mühlen nur einen kleinen Theil des Gefälles benutzen.

Der Schiffsdurchlafs erstreckt sich von *A* bis *B* und seine ganze Länge beträgt nach der Wiebekingschen Charte 1350 Wiener oder 1341 Rheinländische Fufs. Sein relatives Gefälle ist sonach nahe 1 : 28. Die Breite mifst im obern Theil des Durchlasses bis zum Schütz 30 Fufs, zwischen dem letztern und der Einmündung des zweiten Mühlen - Canals nur 20 Fufs und von hier ab bis ans untere Ende 24 Fufs. Das Schütz zum Schliefsen des Durchlasses befindet sich bei *C*, seine Breite oder die lichte Entfernung zwischen den Griessäulen beträgt 22 Fufs. Das Schütz wird mittelst einer darüber befindlichen Welle und eines Haspelrades gehoben.

Der Schiffsdurchlafs ist sowohl in der Sohle, wie in den Seitenwänden mit Holz verkleidet, letztere bestehn aus je vier über einander liegenden und durch Erdanker gehaltenen Balken. Diese Wände sind etwas rückwärts geneigt. Zwischen dem Durchlafs und dem Strombett befindet sich der Leinpfad, der jedoch zur Zeit nicht mehr benutzt wird. Er ist theils durch Schüttung gebildet, theils aber ist er über roh geebnete Felsen geführt. Die Bergfahrt geschah früher (1823) in der Art, dafs je zwei Schiffe zusammen ankamen, von denen jedes mit zwei Pferden bespannt war. Durch die andern kleinen Durchlässe fuhren sie hindurch, indem die vier Pferde zuerst vor das eine und dann vor das andre Schiff gelegt wurden. Diese Bespannung war aber für den Traunfall nicht genügend. In einer im rechtsseitigen steilen Felsufer künstlich gebildeten Höhle, die als Stall diente, standen vier andre Pferde. Jedes einzelne Schiff wurde mit acht Pferden bespannt, und diese führte man zuerst über die Brücke nahe der untern Mündung des Schiffsdurchlasses auf dessen linkseitiges Ufer. Die Zugleine wurde alsdann unter der Brücke hindurchgezogen, und indem ein mäfsiger Zufluſs durch das Oeffnen des Schützes eintrat, stieg das Schiff zwar langsam, aber doch ohne übermäfsige Anstrengung der Pferde bis vor die Mündung des zweiten Mühlen - Canals herauf. Hier mufste angehalten werden, indem der Leinenzug in dieser Weise nicht weiter fortgesetzt werden konnte. Das Schiff wurde im heftigen Strom festgebunden. Die Pferde gingen über die obere Brücke auf das rechte Flufsufer und zwar bis gegen die etwas

vortretende Ecke bei *E* oberhalb des Schiffsdurchlasses. Von hier wurde die Leine in einem Nachen unter dem inzwischen vollständig geöffneten Schütz hindurch ans Schiff gebracht, wobei die Leine scharf gespannt gehalten wurde, um das Forttreiben des Nachens zu verhindern. Schliefslich erfolgte der Zug vom rechtseitigen Leinpfade aus, bis das Schiff in das Oberwasser trat, worauf es festgelegt wurde und bis zur Ankunft des zweiten Schiffes liegen blieb.

Sehr interessant ist es, die Schiffe hier herabfahren zu sehn. Nach meiner Schätzung betrug ihre Geschwindigkeit etwa 26 Fufs in der Secunde. Sie war so grofs, dafs man während des Vorüberfahrens kaum bemerken konnte, wie viel Leute sich auf dem Schiff befanden. Das Wasser selbst hatte indessen nicht diese Geschwindigkeit, woher der Boden der Rinne hinter dem Schiff ganz trocken erschien. In geringer Entfernung folgte jedoch eine hohe Welle, worauf die Rinne sich wieder mit Wasser füllte. Der Wasserdruck dicht vor dem Schiffe war so grofs, dafs namentlich an den Seitenablässen Wasserstrahlen plötzlich 3 bis 4 Fufs hoch aufstiegen. Während des Herabfahrens findet keine Gefahr statt, indem das Schiff durch die schmale Rinne, die nur wenige Fufs Spielraum läfst, sicher geleitet wird, bei der grofsen Geschwindigkeit lassen sich hier auch keine andre Vorsichtsmaafsregeln ergreifen. Die Mannschaft steht daher ruhig im Schiff mit den erwähnten kleinen Steuerrudern in der Hand, und sobald das Unterwasser erreicht ist, müssen diese sogleich eingesetzt werden, damit das Schiff nicht etwa auf die Felsen vor dem rechten Ufer aufläuft. Bei der grofsen Geschwindigkeit gegen das Wasser, das hier zwar schäumt und wirbelt, aber im weiten Profil nur langsam fliefst, dreht das Schiff auch sogleich und sicher nach der linken Seite und tritt in das offne Fahrwasser.

Auffallend sind die kleinen Seitenablässe, die einen Theil des Wassers aus der Rinne nach dem Strom führen. Sie waren eben sowohl, wenn Schiffe herauf-, als herabgingen, geöffnet, doch führten sie nur wenig Wasser ab, weil dasselbe bei der grofsen Heftigkeit des Stroms die Seitenrichtung nicht schnell genug annehmen konnte.

Bei meiner letzten Anwesenheit (1871) hatte die Bergfahrt aufgehört, und die zum Theil auf Senkkasten ruhenden Leinpfade,

wie auch die Leinpfadsbrücken waren nicht mehr sicher zu betreten.

Zu den Schiffs-Durchlässen mufs man noch die Oeffnungen zählen, die zuweilen ohne Vorkehrung zum Schliefsen in den Wehren angebracht sind. Die Rinne, welche die Schiffe in diesem Falle passiren müssen, ist gemeinhin weder gehörig regulirt, und an den Seiten eingefafst, noch auch im Boden mit Holz bekleidet. Diese Anlagen sind so unvollkommen, und häufig so gefährlich, dafs man Flüsse, auf denen sie vorkommen, kaum schiffbar nennen kann. In der Sauer, auf der Grenze zwischen Preufsen und Luxemburg, befinden sich Anlagen dieser Art in grofser Anzahl. Die Mühlen daneben verlieren um so mehr Wasser, je tiefer jene sind, es liegt daher im Interesse der Müller, sie recht flach zu halten und hiezu geben die unregelmässig auf die Wehre aufgeworfenen Steine leicht Veranlassung. Das Durchfahren durch die Rinne ist bei der heftigen Strömung und der darin liegenden groben Geschiebe, die oft mehrere Cubikfufs halten, im höchsten Grade gefährlich. Die Schiffahrt hört daher bei kleinem Wasser auf, und wird nur bei höhern Anschwellungen betrieben, doch auch nur mit Schiffen, die so wenig tief gehn, dafs sie diese Geschiebe nicht berühren. Der heftige Strom räumt alsdann vielfach die Rinne auf, so dass die Wassertiefe darin noch etwas gröfser, als auf dem Wehrrücken ist.

In seltnen Fällen umgeht man die Wehre auch in offnen Stromarmen, wenn diese ziemlich enge und bedeutend länger sind, als der Hauptstrom. Zu ihrer Sicherung ist die gehörige Deckung der Ufer erforderlich, während sie wegen der Krümmungen, der beschränkten Breite und der starken Strömung doch keinen bequemen Durchgang den Schiffen bieten. Ein Beispiel dieser Art findet sich an der Werra, dem Städtchen Hedemünden gegenüber, wo die Schiffe durch einen schmalen linkseitigen Arm das Wehr umfahren. Dieser Arm hatte sich jedoch vor etwa 20 Jahren dicht unterhalb des Wehrs mit dem Hauptstrom vereinigt, wodurch seine Benutzung noch unbequemer wurde, als sie früher war. In gleicher Weise wird auch das in der Oder liegende Wehr bei Oppeln in einem engen und vielfach gekrümmten Arme, der Weeske, umfahren.

§. 60.

Leinpfade.

Indem die stromaufwärts gehenden oder in der Bergfahrt begriffenen Schiffe die ihnen entgegentretende Strömung überwinden müssen, so genügt der Wind nur selten, um sie mit einiger Geschwindigkeit in dieser Richtung in Bewegung zu setzen. Man muſs daher eine äuſsere Zugkraft zu Hülfe nehmen, und diese bestand, so lange Dampf-Schleppschiffe noch nicht üblich waren, vorzugsweise im Leinenzuge durch Pferde. In Frankreich, wie auch im westlichen und südlichen Deutschland und auf den Englischen Canälen ist diese Art des Schiffahrtsbetriebes seit langer Zeit üblich, während im östlichen Theil von Deutschland die Benutzung der Pferde zu diesem Zweck nicht statt findet, vielmehr der Leinenzug nur durch Menschen ausgeübt werden darf. Diese wesentliche Erschwerung des Verkehrs rührt vielleicht davon her, daſs der groſse Grundbesitz die Einführung des Leinpfad-Servituts nicht gestattete. Dieses Servitut ist ohne Zweifel für die Ufer-Besitzer höchst lästig. Nach der Französischen Gesetzgebung und zwar nach der Ordonnanz von 1669, die auch in der Preuſsischen Rheinprovinz galt, muſste ein Leinpfad von 30 Fuſs Breite längs des Ufers für Zugpferde frei gegeben werden. Diese Bestimmung war aber sehr ungenau, da nach den verschiedenen Wasserständen die Pferde bald hier und bald dort geführt wurden. Die Verpflichtung zur Darstellung eines stets gangbaren und festen Weges war damit nicht verbunden, und sonach blieb die Ausübung des Leinenzugs in vielen Fällen überaus schwierig, woher in neuerer Zeit an den diesseitigen Strömen und namentlich am Rhein die Leinpfade durch den Staat beinah vollständig ausgebaut sind.

Die Leinpfade sollen nutzbar sein, bis die Schiffahrt durch Hochwasser unterbrochen wird, aber die Schiffahrt zu Berg setzt sich so lange fort, als die Leinpfade noch gangbar sind. Daher ist von wesentlicher Bedeutung die Frage, wie hoch die Leinpfade liegen müssen. Bei Bestimmung dieser Höhe für die Mosel ging man von der Voraussetzung aus, daſs durchschnittlich in jedem Jahr

der Leinpfad während 10 Tagen überfluthet würde. Ein grofser Theil dieser Zeit trifft aber mit dem Eisgange zusammen, oder mit so hohen Wasserständen, dafs der starke Strom die Schiffahrt jedenfalls verbietet, wenn die Leinpfade auch höher lägen.

Man findet fast jedesmal Ufer, welche die erforderliche Höhe haben, aber sie sind für die Ausübung des Leinenzugs nicht mehr brauchbar, wenn sie von dem Schiffahrtswege zu weit entfernt liegen. Welche grofse Erschwerung des Zuges und welche sonstigen Uebelstände aus der weiten Entfernung des Leinpfads hervorgehn, ist schon § 57 erwähnt. Es entsteht daher die Frage, wie weit der Leinpfad von dem Fahrwasser ohne wesentlichen Nachtheil der Schiffahrt entfernt sein darf? Eine allgemein gültige Antwort ist hierauf nicht zu geben, und gewifs ist für gröfsere Ströme auch eine gröfsere Entfernung zulässig. Man mufs, um sich hierüber ein richtiges Urtheil zu bilden, die Art des Schiffahrtsbetriebes auf den betreffenden Strömen näher untersuchen, und namentlich aus andern Stellen, wo die Schiffahrt noch nicht wesentlich behindert erscheint, auf diejenigen Mafsregeln schliefsen, die man in jedem einzelnen Falle zu ergreifen hat. Die Entfernung des Leinpfads kann um so gröfser sein, je mehr dessen Richtung mit der des Fahrwassers zusammenfällt. Der nachtheiligste Fall ist derjenige, wenn das Schiff in grosser Entfernung vom Leinpfade sich davon noch weiter entfernen mufs, und dieses geschieht gemeinhin in Stromkrümmungen, wenn der Leinpfad auf dem convexen Ufer liegt, während das Fahrwasser, wie gewöhnlich, auf der concaven Seite sich hinzieht. Alsdann weicht die Richtung der Leine oft sehr stark von derjenigen ab, welche das Schiff verfolgen mufs.

Demnächst ist, wie bereits erwähnt, die weite Entfernung des Leinpfades um so nachtheiliger, je heftiger die Strömung und je enger das Fahrwasser ist. Auch die herrschende Windesrichtung ist hierbei von wesentlichem Einflufs, denn die sehr schräg gespannte Leine zieht schon jedesmal das Schiff nach dem Leinpfadsufer hin, und man kann es davon nur entfernt halten, indem man es nach dem entgegengesetzten Ufer richtet. Trifft es sich aber, dafs der Wind es in derselben Richtung, wie die Leine ablenkt, so wird häufig das Vorbeifahren an vortretenden Sandbänken oder langen Buhnen ganz unmöglich. Man mufs daher bei der Strom-

regulirung die Lage des Leinpfads nie unberücksichtigt lassen, und selbst mit Aufopferung mancher andern Vortheile sich immer bemühn, das Fahrwasser möglichst nahe an den Leinpfad zu bringen. Diese Rücksicht ist auch bei der Wahl zwischen zwei Stromarmen besonders wichtig.

In regelmäfsigen Stromstrecken, so wie in solchen, die nicht besonders stark gekrümmt sind, darf der Leinpfad unbedenklich dem Fahrwasser gegenüber liegen, denn es ist nicht unbillig, von dem Schiffer zu verlangen, das er mit hinreichenden Leinen versehn sei, um das ganze Strombett zu überspannen. Nur auf den gröfsten Strömen, wo zugleich ein starker Verkehr stattfindet, wird hiervon eine Ausnahme gemacht, und die Stromregulirungen haben daselbst oft keinen andern Zweck, als das Fahrwasser dem Leinpfade näher zu bringen.

Wenn die Ufer sehr niedrig und sumpfig sind, kann der Leinenzug nicht in der Nähe des Strombetts ausgeübt werden, die Pferde müssen alsdann auf dem höhern Ufer gehn, wodurch wieder die Verlängerung der Leine und eine schrägere Richtung derselben bedingt wird. Liegt das höhere Ufer soweit entfernt, dafs der Leinenzug dadurch wesentlich erschwert wird, so mufs der Leinpfad künstlich ausgebaut werden. Er bildet alsdann einen erhöhten Damm, der sich über die niedrige Uferstrecke zur Seite des Stroms hinzieht, und dem Fahrwasser möglichst nahe und parallel zu demselben liegt. Besonders dürfen darin aber keine scharfe Krümmungen vorkommen, wobei die Pferde der Gefahr ausgesetzt würden, herabgerissen zu werden. Vielfach befinden sich solche niedrige Uferstellen vor den Mündungen der Bäche und Seitenflüsse, und es dürfen alsdann die erforderlichen Brücken darin nicht fehlen.

Die Grundbesitzer sehn es fast immer sehr gern, wenn ein Leinpfadsbau zur Ausführung kommt, denn wenn die Bodenfläche, worauf derselbe geschüttet wird, auch keinen Ertrag mehr gibt, so hört dadurch nicht nur das fernere Betreten der Wiesenfläche zur Seite auf, sondern aufserdem übernimmt der Staat in diesem Fall gemeinhin stillschweigend auch die Verpflichtung zur Deckung des Ufers, insofern er den ausgebauten Leinpfad nicht der Gefahr aussetzen darf, durch fernern Abbruch der Ufer zerstört zu werden. Dieser Gewinn ist aber für den Grundbesitzer um so bedeutender, als das Leinpfads-Servitut keineswegs erlischt, wenn der bisherige

Leinpfad durch Zerstörung der Ufer im Strom versunken ist, vielmehr mufs alsdann der nächste Uferrand für den Leinzug wieder frei gegeben werden.

Wenn der ausgebaute Leinpfad in gröfsere Entfernung vom Strom gelegt werden mufs, so sieht man sich oft gezwungen, noch einen zweiten oder sogenannten Sommerleinpfad auf dem niedrigen Ufer einzurichten. Gemeinhin braucht man für einen solchen nur die Abgänge vom Hauptleinpfade darzustellen.

Eine fernere Veranlassung zum Ausbau der Leinpfade geben hohe und steile Ufer, und zwar nicht nur in Gebirgs-Gegenden, sondern häufig auch im flachen Lande. Die obige Höhe der Leinpfade bezeichnet nur die untre Grenze derselben, während eine etwas gröfsere Erhebung ohne Nachtheil ist. Doch mufs man dafür sorgen, dafs die Pferde, während sie einen starken Zug ausüben, nicht zugleich steil ansteigen. In der Richtung, in welcher die Pferde ziehn, dürfen daher keine starke Steigungen vorkommen, oder der Pfad mufs sich stromaufwärts immer sanft erheben. Vielfach sind höhere Ufer durch Einrisse unterbrochen. Diese müssen durchschüttet, oder wenn sie zu Zeiten Wasser abführen, überbrückt werden, und es bedarf alsdann einer sorgfältigen Ueberlegung, in welcher Höhe der Leinpfad sich am leichtesten ausführen läfst und zugleich die meiste Bequemlichkeit bietet.

Gewöhnlich erhält der Leinpfad unter solchen Verhätnissen die erforderliche Breite dadurch, dafs man ihn zum Theil in das Ufer einschneidet, und theils aus dem dadurch gewonnenen Material anschüttet. Letzteres ist aber dem Angriff des Stroms blosgestellt, und würde sonach wieder fortgespült werden, wenn es unbefestigt bliebe. Aus diesem Grunde ist man gezwungen, die Leinpfadsdossirung gleich als Uferdeckung zu behandeln, und sie entweder zu bepflanzen, oder, wo ein starker Angriff des Stroms zu besorgen ist, mit einer Steindecke oder trocknen Mauer zu schützen. Die Dossirungen dürfen aber nirgend vortretende Ecken bilden, müssen vielmehr in sanften Linien das Flufsbett begrenzen.

Endlich wird der Ausbau eines Leinpfades häufig noch dadurch veranlafst, dafs das Ufer sehr sumpfig ist und die Pferde beim Betreten desselben tief einsinken. Erhöhungen pflegen in diesem Fall wenig zu helfen, weil sie den Abfluss des Wassers sperren und sonach der neue Damm bald wieder durchnäfst wird,

und seine Festigkeit verliert. Die Anlage von Brücken oder von Sieker-Kanälen mufs daher mit der Dammschüttung verbunden werden. Einfacher ist es jedoch in vielen Fällen, nur für die Befestigung des Grundes zu sorgen, und eine Steinpackung zu überpflastern. Wo das Wasser aber bei Anschwellungen besonders stark übertritt, sind flache Mulden anzubringen. Man bemüht sich auch häufig bei weichem Untergrunde, die Decke möglichst leicht zu halten, woher man in Frankreich versucht hat, in solchem Falle Ueberschüttungen mit einer Art Bèton aus möglichst wohlfeilem Material darzustellen.

Die Leinpfade sind häufig noch besondern Beschädigungen durch das Hochwasser ausgesetzt, wenn sie auf niedrigem Terrain in einer Weidenpflanzung liegen. Letztere fängt zur Zeit der Ueberfluthung die vorbeitreibenden Sand- und die Erdmassen auf, woher der Boden unter ihr sich nach und nach erhebt, während der inundirte Leinpfad einen Canal bildet, der durch die heftige Strömung sich im Ganzen und besonders stellenweise immer mehr vertieft. Die Erhöhung des Pfades durch Sand und selbst durch gröbern Kies ist erfolglos, da dieser schnell ausgespült wird. Am vortheilhaftesten ist es, in geringen Abständen niedrige Flechtzäune hindurchzuziehn, und zwischen diesen die Anschüttungen zu machen.

Die Breite der Leinpfade wird gemeinhin zu 12 Fufs angenommen. Bei kleinen Strömen, wo die Schiffe nur durch ein Pferd gezogen werden, und zugleich die Strömung schwach ist und der Leinpfad nahe am Fahrwasser liegt, kann die Breite auch noch geringer sein, und auf die Hälfte reducirt werden. Andrerseits ist aber die angegebene Breite bei starker Bespannung und im heftigen Strom nicht genügend. Sobald die Pferde einen kräftigen Zug ausüben, stellen sie sich in die Richtung der Leine. Sind daher an die einzelne Leine mehr als zwei Pferde gespannt, so reichen sie weit über den Pfad von 12 Fufs Breite heraus. Die Rheinstrafse im Coblenzer Regierungs-Bezirk, die theilweise zugleich Leinpfad ist, wird nicht selten durch die Leinpferde so vollständig gesperrt, dafs alle Fuhrwerke warten müssen, bis die Pferde von der Chaussee auf den besonders ausgebauten Leinpfad übergetreten sind.

Manchen Schwierigkeiten in der Einrichtung der Leinpfade würde man mit Leichtigkeit begegnen, wenn man beliebig, so oft

man wollte, von einem Ufer auf das andre übergehn dürfte. Dieses verbietet sich indessen gemeinhin schon dadurch, dafs das Servitut nur auf einem Ufer haftet, aufserdem ist aber das Uebersetzen der Leinpferde, oder das sogenannte Ueberschlagen oder Sprengen so mühsam und zeitraubend, dafs es soviel wie möglich vermieden werden mufs. Häufig liegt einem Leinpfadsbau keine andre Absicht zum Grunde, als einen Theil der bestehenden Ueberschläge entbehrlich zu machen. Wenn die Pferde an das andre Ufer gebracht werden sollen, mufs man das Schiff vor Anker legen, die Leine einholen, die Pferde herüberschaffen, alsdann mit dem Nachen, worin die Leine liegt, bis zu der Stelle herauffahren, wo die Pferde wieder vorgespannt werden sollen, ferner die Leine ans Ufer geben und deren andres Ende nach dem Schiffe bringen und sie aufs Neue im Maste einscheeren und die Anker lichten. Selbst auf kleinen Strömen verursacht ein Ueberschlag den Zeitaufwand von etwa zwei Stunden, am Rhein dauert es aber jedesmal wenigstens vier Stunden, bis das Schiff wieder in Fahrt kommt, wiewohl dabei immer Fähranstalten zum Herüberschaffen der Pferde benutzt werden. Nur auf der Ems, wo die Strömung sehr mäfsig ist, wird das Pferd in demselben Schiff, welches es zieht, so oft es nöthig ist, übergesetzt. Das Schiff, Pünte genannt, ist zu diesem Zweck vorn nicht zugespitzt, sondern wie eine gewöhnliche Fähre stark verbreitet, und mit einer Brücke versehn, auf welche das Pferd hinauf springt, sobald es an das andre Ufer gebracht werden soll.

Damit der Leinenzug nicht behindert werde, mufs der Raum zwischen dem Strom und dem Leinpfad frei bleiben. Es genügt aber keineswegs, dafs hier nicht etwa Bäume u. dgl. stehn, sondern es dürfen auch keine niedrigen Gegenstände sich daselbst befinden, woran die Leine hängen bleiben könnte. Letztere fällt nämlich der Spannung ohnerachtet vermöge ihres Gewichts hinter den Pferden auf den Boden, und streift über denselben fort. Sie bleibt sonach an jedem Stein, Strauch u. dgl. hängen, wenn sie nicht vielleicht herüberschlüpfen kann. Um letzteres zu befördern, werden vielfach die sogenannten Streichhölzer oder Streichbäume angebracht, die schräg vom Boden aus bis über die hinderlichen Gegenstände ansteigen und auf denen die Leine darüber fortgleitet. Dieselben dürfen namentlich vor allen Zäunen, Ge-

ländern u. dgl. nicht fehlen, damit die Leine immer von selbst sich auf diese heraufziehn kann. Nichts desto weniger genügt diese Vorsicht in vielen Fällen noch nicht, um die Leine frei zu erhalten, da sie häufig an Wurzeln, selbst an Unebenheiten im Rasen u. dgl. haftet. Alsdann mufs ein Mann hinter dem Pferdezuge gehn, um überall, wo es nöthig ist, die Leine frei zu machen. Besonders mufs derselbe die leichten Thore in den Zäunen, welche zur Begrenzung der Viehweiden dienen, öffnen und wieder schliefsen und dafür sorgen, dafs die Leine auch hier nicht hängen bleibt.

Die Beschädigungen, welche die Leine durch das Streifen über den Boden verursacht, sind sehr grofs. Eine Benutzung des Vorlandes zum Gartenbau oder zur Gewinnung von Feldfrüchten wird beinahe unmöglich, nur wenn der Leinpfad bedeutend höher ist, kann man bei geringer Breite eines davor liegenden Gartens diesen durch Streichbäume schützen, die sich über seine ganze Länge hinziehn. Gemeinhin wird der Uferrand als Weide oder Wiese benutzt, doch auch auf die Grasnarbe übt der Leinenzug einen nachtheiligen Einfluſs. Die Leine verhindert nämlich nicht nur bei frequenter Schiffahrt die Bilduug des neuen Rasens, sondern selbst wo ein solcher besteht, zerstört sie ihn. Besonders zeigt sich dieses auf höhern und sandigen Ufern, wo der Graswuchs durch die Trockenheit des Bodens schon an sich erschwert ist, und daher einer besondern Schonung bedarf.

Auch das Bepflanzen des Vorlandes mit Weidenstrauch wird durch den Leinenzug erschwert, namentlich leiden die Stecklinge, ehe sie angewachsen sind, durch die darüber streifende Leine. Eine grofse Anzahl derselben wird herausgerissen oder abgebrochen, so wie auch die Triebe im ersten Entstehen häufig abbrechen. Man mufs daher eine ununterbrochene Leitung von Streichhölzern darüber anbringen, oder man gräbt in geringen Entfernungen von einander starke Zweige etwas schräge in den Boden ein, welche in ähnlicher Weise, wie das lebendige höhere Weidengebüsch, sich zwar unter dem Gewicht der Leine biegen, aber dieselbe doch tragen und ihr Herabsinken auf den Boden verhindern. Auch geschieht es, dafs man ganze Faschinen mit dem Stammende in den Boden befestigt, aber jedenfalls müssen diese eben so, wie die einzelnen Zweige, schräg und so nahe nebeneinander stehn, dafs sie sich gegenseitig decken und das

Herabfallen der Leine auf die neue Pflanzung überall verhindern. Solche Anlagen werden besonders stark beschädigt, wenn auch bei der Thalfahrt zuweilen der Leinenzug ausgeübt wird, indem die Leine alsdann wegen der entgegengesetzten Richtung überall hängen bleibt und alle Schutzvorrichtungen herausreifst. Sobald die Pflanzungen angewachsen sind, vertreten die lebendigen Weidenruthen die Stelle jener künstlichen Vorrichtungen, indem die Triebe in Folge des immer in derselben Richtung wiederholten Umlegens sich stromaufwärts neigen. Will man die Pflanzungen aber abtreiben, so mufs man in geringen Entfernungen einzelne Büschel stehn lassen, welche in gleicher Art, wie jene Faschinen, den jungen Aufschlag schützen.

Wenn der Leinpfad in einer scharfen Stromkrümmung auf dem convexen Ufer liegt, so geschieht es häufig, dafs die Leine hinter den Pferden sich über den Pfad hinaus landwärts zieht, und dadurch eine für den Zug noch ungünstigere Richtung annimmt. In solchem Falle ist es schon vortheilhaft, wenn Baumstämme oder andre Gegenstände an der innern Seite des Leinpfads die Leine aufhalten. Dieselbe schneidet darin aber tiefe Rinnen ein, und dasselbe geschieht auch im Laufe der Zeit, wenn man eiserne Schienen darüber nagelt.

Indem auch die Leinen hierbei stark leiden, so empfiehlt es sich, drehbare Leitrollen aufzustellen. Diese müssen so eingerichtet sein, dafs die Leine sich von selbst auf sie auflegt und nicht etwa unter der Rolle die eiserne Pfanne trifft, worin die Achse sich dreht. Man stellt zu diesem Zweck einen schrägen Pfahl davor, der mit einer Eisenschiene versehn ist. Zuweilen giebt man der Rolle auch einen vorstehenden Rand am untern Ende, was jedoch nicht nöthig ist, sobald der schräge Pfahl hinreichend vortritt. Eine grofse Höhe der Rolle ist gemeinhin nicht nothwendig, denn sobald das Schiff so nahe gekommen ist, dafs die Leine sich merklich über den Boden erhebt, so ist der Zweck der ganzen Vorrichtung bereits erfüllt und die Leine entfernt sich von selbst von der Rolle, woher dieselbe meist nur etwa 4 Fufs lang sein darf. Alsdann ist sie auch weniger der Gefahr ausgesetzt, sich zu werfen, was bei einer langen Rolle fast jedesmal eintritt. Sobald sie sich aber wirft oder krümmt, so hört ihre Beweglichkeit auf, weil der starke Seitendruck sie in derjenigen Stellung

festhält, wobei die Leine sich am meisten der geraden Richtung nähert. Endlich ist noch dafür zu sorgen, dafs die Leine, wenn sie oben abgleitet, nicht etwa wieder die eiserne Achse oder die Pfanne trifft. Die in Fig. 249a. auf Taf. XXXI. in der Seitenansicht und Fig. 249b. im horizontalen Durschnitt (nach der punktirten Linie) dargestellte Anordnung entspricht diesen Anforderungen, und besitzt hinreichende Festigkeit, doch mufs die Rolle nach Mafsgabe ihrer Länge wenigstens 8 bis 10 Zoll stark sein.

Vor bedeutenden Handelsplätzen wird der Leinenzug gemeinhin durch das Werft unterbrochen, woselbst die Schiffe anlegen, und entladen oder befrachtet werden. Wenn das Schiff durch die Pferde auch nicht bis unmittelbar vor das Werft gezogen werden kann, so ist es doch immer wichtig, dasselbe so weit zu bringen, als irgend möglich. Zu diesem Zweck pflegt man an der Stelle, wo der Leinenzug aufhört, eine horizontale Leitrolle anzubringen, über welche die Leine geschlungen wird, so dafs die Pferde auf dem Leinpfade wieder zurückgehn, während sie das Schiff noch weiter heraufziehn. Ein solche Rolle unterscheidet sich jedoch von der oben beschriebenen dadurch, dafs sie etwa 2 Fufs im Durchmesser hält und nur so hoch ist, dafs die Leine in der Rille Platz findet. Gewöhnlich besteht sie aus Gufseisen, und ruht auf einer von mehreren Pfählen getragenen und gehörig verstrebten Rüstung.

An manchen Stellen müssen die Pferde einen besonders starken Zug ausüben und namentlich geschieht dieses, wenn der Strom sehr heftig, oder ein starkes Gefälle zu überwinden ist. Hierbei tritt leicht für die Pferde eine grofse Gefahr ein, und es gehört keineswegs zu den seltnen Erscheinungen, dafs sie durch die Leine herabgerissen werden und im Strom ertrinken. Um dieses zu verhindern, werden an denjenigen Stellen, wo dieses zu besorgen ist, zur Seite des Leinpfads oder in demselben gewisse Vorrichtungen zum Befestigen der Leine angebracht. So findet man an der Donau neben den wildesten Stromstrecken Ringe zur Seite des Leinpfads, und sobald der Treiber merkt, dafs die Kraft der Pferde erschöpft ist, so zieht er das vordre Ende der Leine, welches zu diesem Zweck frei bleibt, durch einen Ring und knüpft es darin fest. Die Pferde dürfen alsdann zurücktreten, indem das Schiff schon durch den Ring hinreichend gehalten wird, bis sie wieder

mit frischer Kraft anziehn können. Auch in andern Fällen wird dem Schiffer eine grofse Bequemlichkeit geboten, wenn neben dem Leinpfade Gegenstände vorhanden sind, an welche er die Schiffe befestigen kann, ohne Anker auszusetzen.

Vor den Mündungen der Nebenflüsse und Bäche, die sich in den Hauptstrom ergiefsen, liegen häufig ausgedehnte Sand- und Kiesfelder, über welche bei niedrigem Wasser die Leinpferde bequem getrieben werden können, doch wird daselbst bei höhern noch schiffbaren Wasserständen der Uebergang oft gefährlich oder ganz unmöglich. Wenn sonach keine Leinpfads-Brücken erbaut sind, so, mufs in diesem Fall das Schiff, nachdem es bis gegen die Mündung des Baches gezogen ist, vor Anker gelegt werden. Man führt alsdann die Pferde zur Seite des Baches bis zu einer Brücke oder bis zu einer Stelle, wo ein gefahrloser Durchgang möglich ist, und läfst sie alsdann am andern Ufer des Baches wieder bis zum Strom zurückgehn. Es darf kaum erwähnt werden, welcher lästige Aufenthalt hierdurch veranlafst wird, namentlich wenn die nächste Brücke über den Bach, wie oft der Fall ist, erst in der Entfernung von einer halben oder ganzen Meile zu finden ist. Leinpfads-Brücken sind daher als wesentliche Theile eines gehörig eingerichteten Leinpfads anzusehn, Seitens der Preufsischen Regierung sind sie auch an allen Strömen in der Rheinprovinz und Westphalen vollständig eingerichtet.

Die Erbauung der Leinpfads-Brücken bietet häufig grofse Schwierigkeiten, namentlich wenn das höhere Ufer zu weit zurückliegt, als dafs es noch für den Leinenzug benutzt werden könnte. Man darf alsdann die beiderseitigen Rampen, welche zur Brücke führen, nicht über das höchste Wasser erheben, und sonach kann die Brücke selbst auch keine wasserfreie Höhe erhalten. Es bleibt alsdann nur die Wahl, die Brücke entweder so zu befestigen, dafs sie bei der Ueberfluthung nicht fortschwimmt, oder sie in solcher Weise anzuordnen, dafs sie bei jedem Hochwasser fortgenommen werden kann. Beides geschieht zuweilen. Der erste Fall ist der gewöhnliche. Die Brücken sind alsdann theils massiv, theils in Holz erbaut. Im letztern Fall müssen ihre Theile durch Eisen fest verbunden sein, so dafs die Pfähle den ganzen Oberbau halten. Die Brücke mufs aber dennoch eine geschützte Lage haben, und wenigstens von dem Eisgange nicht stark getroffen werden. Wenn man

andrerseits die Brücken zur Zeit des Hochwassers abtragen will, so pflegt man statt der Mitteljoche nur lose Böcke in den Flufs oder Bach zu stellen, deren Füfse auf Schwellen ruhen. Die Ausgleichung des Grundes, die ihrer Aufstellung jedesmal, und zwar unmittelbar nach Ablauf des Hochwassers vorangehn mufs, ist indessen so schwierig und unsicher, dafs man diese Methode bald zu verlassen pflegt, und lieber feste Joche aus eingerammten Pfählen wählt, wenn dieselben auch häufig zerstört werden. An solchen Stellen, wo der Eisgang besonders heftig ist, bleibt eine Schiffbrücke noch das bequemste Auskunftsmittel. Eine solche bedarf indessen dauernder Aufsicht, da ihre Aufstellung bei Aenderung des Wasserstandes verändert werden mufs. Man kann dieselbe daher nur in der Nähe von bewohnten Orten einrichten.

Diese Brücken-Anlagen werden wesentlich dadurch erleichtert, dafs keine schwere Lasten darüber gehn, und sonach einfachere Constructionen dabei gewählt werden dürfen, als sonst erforderlich ist. Wenn die Brücke nahe in der Richtung der Leine liegt, so dafs die Pferde keine schräge Stellung annehmen, so darf ihre Breite auch sehr mäfsig bleiben, und zwei oder drei Brückenbalken pflegen zu genügen, die mit Rücksicht auf die erwähnte leichte Construction ohne Nachtheil 24 Fufs, auch wohl bis 30 Fufs frei liegen.

Die Schwierigkeiten der Brücken-Anlage vermehren sich in hohem Grade, wenn der Seitenflufs schiffbar ist, oder seine Mündung zur Zeit des Hochwassers als Sicherheitshafen benutzt wird, oder wenn der Leinpfad vor einem Hafen liegt und über dessen Mündung geführt werden mufs. Die meisten Arten der beweglichen Brücken verbieten sich in diesem Fall. Wegen der geringen Höhe darf man keine Klappen anbringen, deren Gegengewichte beim Oeffnen in das Wasser tauchen würden. Die Zugbrücken mit Portalen und Zuggattern sind hier gleichfalls unbrauchbar, weil das Hochwasser sie zerstören, auch der Leinenzug durch das Portal und die Hängeketten der Klappe unterbrochen würde. Diesen letzten Uebelstand vermeidet man aber auf den Kanälen in Holland dadurch, dafs man die Klappe nur an eine Kette hängt, nämlich an der vom Kanal abgekehrten Seite. Alsdann verwandelt sich das Gatter in einen einzigen Balken, und das Portal in einen Ständer. Auf diese Art wird die Brücke auf der dem Strom zugekehr-

ten Seite ganz frei. Die Klappe ist freilich, wenn sie gehoben wird, sehr unsymmetrich unterstützt, wenn sie aber an sich leicht und dabei doch fest construirt ist, so leidet sie während der kurzen Dauer des Hebens und Herablassens nicht bedeutend. Nichts desto weniger ist neben gröfsern Strömen diese Anordnung schon aus dem ersten Grunde nicht passend, und es bleibt sonach nur noch die Wahl zwischen der Dreh- und Rollbrücke. Die erstere verdient in jeder Beziehung den Vorzug, und bei der mäfsigen Stärke, die sie als Leinpfadsbrücke nur zu haben braucht, ist sie in vielen Fällen mit wenigen Kosten darzustellen, aber immer mufs noch für ihre Sicherstellung während des Hochwassers und Eisganges gesorgt werden. Rollbrücken kommen nur selten vor und sind im Allgemeinen nicht zu empfehlen.

Vielfach entschliefst man sich in folgenden Fällen zur Anlage von Fähren, die auch so eingerichtet werden können, dafs kein Fährmann dabei nöthig ist, und der Pferdetreiber selbst sie jedesmal an die Seite hinzieht, wo er sich befindet.

Eine Unterbrechung des Leinpfads wird zuweilen dadurch veranlafst, dafs Häuser, Gärten und andre Anlagen sich bis zum Ufer hinziehn. Gemeinhin bestehn dergleichen Verhältnisse seit so langer Zeit, dafs der Besitzstand durch Verjährung gesetzlich anerkannt ist, und es bleibt alsdann nur übrig, durch Ankauf des erforderlichen Terrains oder durch Ausbau eines Leinpfads im Strom die Unterbrechung zu beseitigen. Auf den sämmtlichen Preufsischen Strömen, wo ein regelmäfsiger Leinenzug besteht, ist dieses beinahe vollständig, und zwar grofsentheils mit bedeutenden Kosten geschehn, so dafs gegenwärtig mit wenigen Ausnahmen der Leinenzug ohne Unterbrechung vor allen Dörfern und Städten ausgeübt werden kann. An den gröfsten Handelsplätzen ist solche Unterbrechung jedoch unvermeidlich, sie wird auch schon wegen des Anlegens der Schiffe nothwendig.

Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs während des Baues von Buhnen und bis zur Ausbildung des neuen Fahrwassers die Leinpfade oft nicht benutzt werden können. Dergleichen Erschwerungen des Schiffahrts-Betriebes sind während der Uebergangs-Periode nicht zu vermeiden, nichts desto weniger mufs man bemüht sein, alsdann jede mögliche Erleichterung zu schaffen, und hierzu dient

namentlich die Einrichtung von Hülfsleinpfaden, die oft schon wesentlichen Nutzen gewähren, wenn sie auch nur von Menschen betreten werden dürfen.

§. 61.

Sonstige Schiffahrts-Anlagen.

Aufser den bereits erwähnten baulichen Anlagen sind im Schiffahrts-Interesse noch manche andre Einrichtungen nothwendig, die theils zur sichern Befahrung einzelner Strecken eines Stroms, theils aber auch zur Sicherstellung der Schiffe während des Eisganges dienen.

Jedes Schiff ist zwar mit den gehörigen Ankern versehn, wodurch es, so oft die Fahrt unterbrochen wird, festgelegt werden kann. Der Gebrauch des Ankers ist jedoch auf einem Strom sehr beschränkt. In dem Fahrwasser darf derselbe jedoch nur ausgeworfen werden, wenn er sogleich wieder gehoben werden soll, also etwa behufs einer Wendung des Schiffs, oder auch im Falle einer augenscheinlichen Gefahr, wie z. B. wenn während der Bergfahrt die Leine reifst, oder die Pferde herabgezogen werden u. dgl. In solchen Fällen werden enge Fahrwasser vollständig gesperrt, weil die nachfolgenden Schiffe dem ersten nicht sicher vorbeifahren können, und überdiefs für sie die Gefahr entsteht, auf den obern Arm des Ankers aufzulaufen. Ein Schiff, welches sonach längere Zeit vor Anker gelegt werden soll, mufs an eine Stelle gebracht werden, wo das Strombett in grofser Breite hinreichende Tiefe hat, es mufs also das eigentliche Fahrwasser verlassen.

Im reinen Sande oder im sandigen Thonboden fafst der Anker ziemlich leicht, und hält das Schiff ganz sicher. Wenn der Grund aber mit Kies überdeckt ist, was bei Strömen häufig vorkommt, so kann der Anker nicht so schnell bis zur gehörigen Tiefe eindringen, und wird oft, besonders bei heftiger Strömung, noch weit fortgezogen, bis er endlich zufälliger Weise den nöthigen Widerstand findet, und das Schiff am weitern Treiben verhindert. Es kann sonach leicht geschehn, dafs das Sciff, wenn man auch eine gehörig breite und tiefe Stelle des Stroms ausgesucht hat, dennoch

durch den Anker nicht gehalten, sondern auf Untiefen geschoben wird, die weiter abwärts liegen.

Zuweilen bringt man den Anker auch auf das Ufer und läfst ihn, indem er nicht sogleich in den Boden eindringt, wie eine Pflugschaar wirken. Ein Mann drückt den obern Arm desselben herab, während das Schiff den Anker stromabwärts zieht, und so schneidet dieser eine Furche ein, die immer tiefer wird, bis zuletzt, nachdem die Geschwindigkeit des Schiffs sich gemäfsigt hat, der Widerstand im Boden hinreichend grofs wird, um ein weiteres Herabtreiben zu verhindern. Das Ufer wird hierdurch stark beschädigt, und dieses ist um so nachtheiliger, als die Zerstörung der festen Grasnarbe leicht zu Uferbrüchen während des Hochwassers Veranlassung geben kann. Das Aussetzen der Anker auf die Ufer ist daher gemeinhin polizeilich verboten.

Die Veranlassung zum Anhalten der Schiffe wiederholt sich mit wenigen Ausnahmen, die durch Zufälligkeiten herbeigeführt werden, gröfstentheils an bestimmten Stellen des Stroms, nämlich an denjenigen, wo entweder mehrfach Ladungen eingenommen oder abgegeben werden, oder wo die Schiffe in Folge polizeilicher oder andrer Bestimmungen die Fahrt unterbrechen müssen, oder wo dieses nach den üblichen Einrichtungen der Tagereisen, oder Behufs der Fütterung der Leinpferde nothwendig ist. Hierzu kommen noch die Stellen, an welchen der Leinpfad auf das andre Ufer tritt, und ähnliche Veranlassung zum Anhalten der Schiffe stattfindet. In allen diesen Fällen wird die Schiffahrt wesentlich erleichtert, wenn man daselbst einen oder mehrere Schiffshalter aufstellt.

Dieselben erheben sich etwa 3 Fufs über den Boden und bestehn aus Rundholz, vorzugsweise wegen der längern Dauer aus Eichenholz. Das Stammende bildet den Kopf, der gemeinhin halbkugelförmig zugeschnitten wird. An dem freistehenden Theil dürfen keine scharfen Kanten vorkommen, durch welche das Tau beschädigt werden könnte. Am untern Ende versieht man den Pfahl mit einer Spitze. Die Beischaffung und Aufstellung einer Ramme, würde die Kosten zu sehr vergröfsern, man bedarf derselben auch nicht, wenn man zur Zeit eines niedrigen Wasserstandes ein Loch bis zum Grundwasser gräbt, und hierin den Pfahl mit der Spitze stellt. Die Arbeiter fassen ihn alsdann, und neigen ihn abwechselnd

hin und her, und rechts und links, wobei er leicht noch einige Fuſs tief eindringt. Sodann wird die ausgegrabene Erde wieder in das Loch geworfen, und mittelst Stampfen gehörig befestigt. Um den Schiffshalter noch mehr zu sichern, legt man nahe unter der Oberfläche des Bodens noch ein oder zwei Querhölzer davor, gegen welche er sich lehnt, und wenn er einem starken Zuge ausgesetzt ist, so stöſst man vor diese noch einige kleine Pfählchen in den Boden. Gewöhnlich stehn die Schiffshalter dicht hinter dem Leinpfade.

Wo das Fahrwasser sehr enge, das Fluſsbette aber sehr breit ist, muſs man das Erstere besonders kenntlich machen. Dieses geschieht am einfachsten durch Zweige, die man in das Fluſsbette steckt. Man nennt sie Baacken, sie sind aber wenig sicher und werden auch oft muthwilliger Weise verändert, woher sie nur als ein unzulängliches Auskunftsmittel angesehn werden können. Nicht viel besser sind die schwimmenden Signale. Dieselben bestehn aus Holz-Klötzen oder kleinen Tonnen, die mittelst Tauen an Steinen befestigt sind. Die Taue müssen aber so lang sein, daſs die Signale bei wachsendem Wasser noch an der Oberfläche bleiben, und dieses giebt Veranlassung, daſs sie bei kleinem Wasser stark seitwärts treiben und sonach die Rinne keineswegs ganz sicher durch sie bezeichnet wird. Auſserdem werden sie auch leicht entwendet, oder treiben von selbst fort.

Wenn man eine schmale Rinne sicher markiren will, so kann dieses nur durch Signale geschehn, die auf dem Ufer stehn. Die Linie, welche man bezeichnet, ist die Mittellinie oder die Achse der Rinne, und in der Verlängerung derselben stehn zwei weit sichtbare Signale hinter einander. Dieselben müssen aber auch verschieden bezeichnet sein, damit der Schiffer weiſs, welches das vordre und welches das hintere ist, weil er sonst bei ihrem Auseinandergehn nicht wissen würde, ob er sich rechts oder links wenden müſste.

Auſser diesen Signalen, welche die Lage und Richtung des Fahrwassers angeben, müssen in manchen Fällen noch andre Zeichen vom Ufer aus gegeben werden, wodurch das Entgegenkommen eines Schiffes u. dgl. bezeichnet wird. Diese Signale, Wahrschauen genannt, werden gemeinhin nur aus freier Hand mit

einer kleinen Flagge gegeben, ohne dafs besondere Vorrichtungen dazu erforderlich sind.

Wenn Brücken über den Strom führen, die nicht geöffnet werden können, so mufs der Mast vorher niedergelegt und später wieder aufgestellt werden. Zuweilen befinden sich zu diesem Zweck auf den Schiffen selbst gewisse Winde-Vorrichtungen, wie solche auf den Ruhrschiffen üblich sind. Wenn dagegen bei der Bergfahrt wegen fehlender Leinpfade vorzugsweise die Schiffe segeln, wie dieses auf der Elbe, Oder, Weichsel und dem Pregel geschieht so haben die Masten gröfsre Höhe und sind alsdann nur mittelst kräftiger, festen Vorrichtungen aufzustellen. In gröfsern Handelsplätzen ist es gewöhnlich nicht schwer, die Masten zu richten oder niederzulegen, denn hier kann man an den Masten andrer Schiffe die Flaschenzüge befestigen, und dadurch das Aufstellen und Niederlegen bewirken. Wenn aber auf dem Wege selbst und zwar an einer Stelle, wo die Schiffe sich gewöhnlich nicht ansammeln, eine feste Brücke vorkommt, oder Verbindungen mit andern schiffbaren Gewässern liegen, die nur mit niedergelegten Masten befahren werden dürfen, wie dieses auf Kanälen gewöhnlich geschieht, so müssen Mastenrichter erbaut werden.

Dieselben bestehn meist in Rüstungen, die gewöhnlichen Krahnen nicht unähnlich sind und sich von denselben nur durch ihre Höhe und durch die Unbeweglichkeit des Auslegers unterscheiden. An der Oder sieht man verschiedene Mastenrichter, wobei der Mast etwa in seiner Mitte durch das Hebezeug gefafst, und am untern Ende fest gehalten wird. Indem man hierauf das Schiff zurückschiebt, hebt sich der Mast und nimmt nach und nach die vertikale Stellung an. Das Niederlegen erfolgt in ähnlicher Weise. In beiden Fällen mufs die Gelegenheit geboten werden, das Schiff sicher vor- und zurückzuziehn. Diese Mastenrichter bestehn sonach aus zwei Holzwänden, die von einander so weit entfernt sind, dafs ein Schiff dazwischen fahren kann. Ihre Höhe kommt etwa der halben Höhe des Mastes gleich, und an einem übergelegten Balken wird der Flaschenzug befestigt, während gemeinhin eine Erdwinde zum Heben oder Herablassen des Mastes dient.

Von besondrer Wichtigkeit sind endlich noch die Flufshäfen. Ihr Zweck ist von dem der Seehäfen wesentlich verschieden, indem sie nur zur Sicherung der Schiffe während des Hochwassers

und namentlich während des Eisgangs dienen. Das Laden und Lossen der Flufsschiffe geschieht fast jedesmal im freien Strom, weil es wegen der unbeschränkten Wahl der Anlegestelle daselbst mit mehr Bequemlichkeit als im Hafen erfolgen kann. Letzterer ist wegen der Dämme, die ihn umgeben, zur Zeit des Sommers hierzu auch wenig geeignet, weil die Schiffe alsdann tief unter jenen wasserfreien Umgebungen liegen, und der Zugang zu ihnen aus diesem Grunde meist steil und unbequem ist.

Selbst im Winter pflegen keineswegs alle Schiffe in den Hafen gebracht zu werden, sie bleiben vielmehr so lange, als das Wasser offen ist, in der Fahrt, und wenn endlich die Gefahr entsteht, dafs sie einfrieren könnten, so werden sie an eine sichre Uferstelle in der Nähe oder in einen Flufsarm gebracht, wo sie unter gewöhnlichen Verhältnissen gleichfalls geborgen sind. Nur wenn ein besonders starker Eisgang, verbunden mit hohem Wasserstande zu erwarten ist, so wird ein mehr gesicherter Zufluchtsort gesucht, den aber das Schiff unter solchen Umständen theils wegen der kurzen Dauer der Zwischenzeit, theils aber auch wegen des Eises gewöhnlich nicht mehr erreichen kann. In solchen Fällen wird gemeinhin über Mangel an sichern Häfen laute Klage geführt. Sobald dieser Wunsch indessen berücksichtigt ist, und Häfen eingerichtet sind, so werden sie doch keineswegs regelmäfsig benutzt und bleiben sogar während mancher Winter eben so leer, wie im Sommer.

Man darf hiernach bei Anlage von Flufshäfen keineswegs erwarten, dafs der Ertrag des Hafengelds die Kosten der Anlage decken kann, derselbe reicht sogar in den meisten Fällen nicht einmal zur Bestreitung der Unterhaltungs- und Beaufsichtigungskosten hin. Nichts desto weniger sind die Flufshäfen während ungewöhnlicher Ereignisse doch dringend nöthig, und zwar müssen sie, wenn sie von Nutzen sein sollen, nicht gar zu weit von einander entfernt und hinreichend grofs sein, um eine gehörige Anzahl von Schiffen zu fassen.

Die erwähnten Flufshäfen, die eigentlich allein diesen Namen verdienen, nennt man häufig Sicherheits-Häfen, und zwar im Gegensatz von den gewöhnlichen Ausladestellen, die an manchen Strömen gleichfalls Häfen genannt werden. In einzelnen Fällen sind beide Arten von Anlagen mit einander verbunden. So finden

z. B. im Ruhrorter Hafen nicht nur die Schiffe während des Winters Schutz, sondern die Ruhr-Schiffe löschen daselbst auch die Kohlen, während die Rheinschiffe diese einladen. Auch diejenigen Uferstellen, woselbst die vom Auslande kommenden Waaren steuerfrei niedergelegt werden, zählt man noch zu den Häfen, und nennt sie Freihäfen. Sie kommen nur auf solchen Strömen vor, die zu verschiedenen, durch keinen Zollverein verbundenen Staaten gehören, wo also der Strom, wenn er auch streckenweise auf beiden Seiten von demselben Staate umschlossen wird, und sonach in polizeilicher Beziehung diesem angehört, dennoch mit Rücksicht auf die Steuer-Verhältnisse als Ausland betrachtet wird. In Bezug auf bauliche Anlagen darf hier nur auf die eigentlichen Flusshäfen oder Sicherheitshäfen Rücksicht genommen werden.

Wie schon erwähnt, finden die Schiffe zuweilen in alten Flussarmen, selbst während eines starken Eisganges hinreichenden Schutz. Wenn solche Arme entweder von selbst, oder durch künstliche Anlagen einer starken Durchströmung entzogen sind, so ist die Verflachung in der obern Mündung am bedeutendsten, während sie unten geringer bleibt, und in der Mitte oft ganz fehlt. Gemeinhin strömt indessen das Hochwasser während einer langen Reihe von Jahren, nachdem die obere Mündung schon stark versandet ist, noch kräftig hindurch, weil das Flussbett nur langsam und nie über die Höhe der Thalsohle anwächst, also niemals ganz wasserfrei wird. Nichts desto weniger kann die obere Mündung doch so hoch aufwachsen, dafs dadurch der Strom sehr gemäfsigt wird, und wenn vollends das Weidenstrauch sich endlich in eine sogenannte Kopfweiden-Pflanzung verwandelt, wozwischen der Rasen noch gut gedeiht und einen reichen Ertrag zu geben pflegt, so verhindern die Baumstämme das Durchtreiben von grössern Eisschollen, und der untere und mittlere Theil jenes Armes erhält dadurch eine so geschützte Lage, dass die Schiffe darin sicher geborgen sind. Der grösste Uebelstand pflegt dabei in der Verflachung der untern Mündung zu bestehn. Bei kleinem Wasser ist diese Mündung beinahe trocken, so dass während desselben kein beladnes Schiff hinein- oder herausgebracht werden kann. In der Zeit, wenn der Hafen gesucht wird, pflegt freilich der Wasserstand ziemlich hoch zu sein, woher das Hineinfahren keine Schwierigkeit macht, wenn aber das Hochwasser nach dem Eisgange nicht lange

anhält, so können die Schiffe häufig nicht schnell genug herausgehn, besonders wenn der gröfste Theil der Mannschaft während des Winters entlassen war und sich zerstreut hatte. Es geschieht alsdann wohl, dafs die Schiffe lange Zeit hindurch in solchem Hafen liegen und entweder lichten, oder warten müssen, bis wieder ein höherer Wasserstand eintritt. Dergleichen Stromarme werden häufig in künstliche Häfen umgewandelt, indem man die obern Mündungen in wasserfreier Höhe schliefst, die untern dagegen, so weit es geschehn kann, verengt, und aufserdem befestigt und gehörig vertieft.

Bei neuen Hafenanlagen kommt es vorzugsweise auf die vollständige Sicherung der darin liegenden Schiffe an, es darf daher selbst zur Zeit des Hochwassers keine Strömung hindurchgehn, und noch weniger dürfen die Schiffe vom Eisgange getroffen werden. Der Hafen nimmt dagegen bei jedem Hochwasser denselben Wasserstand an, der im Strom stattfindet, und es ist entbehrlich, ihn von allen Seiten mit wasserfreien Dämmen zu umgeben. Stromaufwärts dürfen dieselben freilich nicht fehlen, eben so wichtig sind sie zwischen dem Hafen und dem Strom. Gemeinhin gewinnt man beim Ausgraben und Ausbaggern so viel Erde, dafs die Ausführung bedeutend erleichtert wird, wenn man das Material in der Nähe ablagern kann, und dieses ist der Grund, weshalb die meisten Häfen mit hohen und oft übermäfsig starken Dämmen oder Deichen umschlossen sind. Letztere liegen gewöhnlich dem Hafen-Bassin so nahe, dafs nur ein schmaler Communicationsweg in geringer Höhe über dem gewöhnlichen Wasserstande sich rings herum zieht. Dahinter beginnt sogleich die Dossirung, die entweder ununterbrochen sich erhebt oder mit schmalen Banketen versehn ist, doch jedesmal möglichst steil gehalten wird, um sowol den Ankauf des Grundes zu beschränken, als auch weite Erdtransporte zu vermeiden. Zuweilen fehlt sogar der erwähnte Weg, und die Dossirungen beginnen unmittelbar am Rande des Hafens, was jedoch für den Verkehr sehr unbequem ist.

Durch die wasserfreien Hafen-Dämme wird jedesmal das Fluthprofil des Stroms beschränkt, und man mufs sorgfältig untersuchen, in welchem Maafse dieses geschehn darf, ohne eine merkliche Erhöhung des Wasserstandes in den obern Stromstrecken oder eine nachtheilige Verstärkung des Stroms zur Seite des Hafens

zu veranlassen. Gemeinhin haben die Flufshäfen eine solche Lage, dafs sie sich der Länge nach neben dem Strom hinziehn, und ihre gröfste Achse zu demselben parallel gerichtet ist. Jedenfalls darf der Hafen aber nicht auf der hintern Seite umströmt werden, weil er sonst eine Stromspaltung zur Zeit des Hochwassers bilden würde. Endlich ist es auch wichtig, den Hafendamm so zu legen, dafs er in Verbindung mit den benachbarten wasserfreien Ufern eine regelmäfsige Begrenzung des Fluthprofils darstellt.

Nächst der gesicherten Lage ist die gehörige Tiefe ein dringendes Bedürfnifs für einen Flufshafen, und zwar mufs diese nach den kleinsten Wasserständen bestimmt werden, die überhaupt vorkommen, weil solche grade während des Winters und des strengsten Frostes, also in der Zeit, wo der Hafen am meisten benutzt wird, häufig eintreten. Im Allgemeinen mufs der Hafen diejenige Wassertiefe haben, welche sich auf den flachsten Stellen im Strom vorfindet. Wäre dieses nicht der Fall, so würde ein Schiff, welches so tief beladen ist, dafs es nur eben auf dem freien Strom noch fahren kann, schon verhindert werden in den Hafen zu gehn.

Die künstlich dargestellte Tiefe pflegt sich indessen in einem Hafen nicht lange zu erhalten, weil bei jeder Anschwellung trübes Wasser in das Hafenbassin tritt, daselbst vollständig zur Ruhe kommt, so dafs alle darin schwebende erdige Theilchen zu Boden sinken, während bei fallendem Wasser dieses rein abfliefst. Man mufs aus diesem Grunde in kurzen Zwischenzeiten die Vertiefung des Hafens wiederholen. Am Rhein versanden die Häfen in jedem Jahr etwa 8 Zoll hoch, woher man durchschnittlich alle drei Jahr einmal die Häfen ausbaggert, und zwar alsdann eine Vertiefung von 2 Fufs vornimmt. Die Verflachung wird aber befördert, wenn man etwa Mühlenfliesse einleitet, und mittelst derselben eine Spülung veranlassen will. Eben so nachtheilig wäre es auch, wenn man, wie oft vorgeschlagen wird, das Wasser aus dem Strom selbst zu gleichem Zweck auf der obern Seite in den Hafen einleiten wollte. Bedeutende Wassermassen kann man auf diese Weise dem Hafen nicht zuführen, weil sonst die Schliefsung der Oeffnung zur Zeit des Hochwassers zu schwierig wäre. Man bildet also nur einen schwachen Nebenarm, in dessen weitem Profile die Geschwindigkeit des hindurch fliefsenden Wassers beinahe ganz aufhört, und sonach jedes eintretende Erdtheilchen darin liegen bleibt.

Endlich ist es dringend nöthig, der Verunreinigung des Hafens, und zwar eben sowohl vom Ufer, als von den Schiffen aus durch polizeiliche Maafsregeln vorzubeugen. Hierzu gehört auch, dafs ein willkührliches Betreten der unbefestigten Hafendossirungen nicht stattfinden darf, weil dabei gleichfalls Erdmassen gelöst werden, die entweder unmittelbar herabfallen oder bei starkem Regen in den Hafen gespült werden.

Besonders wichtig ist die Erhaltung der Tiefe in der Hafenmündung. Die Verflachung pflegt daselbst weit stärker zu sein, als im innern Hafen, weil nicht nur die im Wasser schwebenden Theile sich hier zu Boden setzen, sondern aufserdem auch der auf dem Strombett treibende Sand und Kies hineingestofsen wird. Die Aufräumung der Hafenmündung mufs daher gemeinhin in jedem Jahre vorgenommen werden. Einigermaafsen kann man die Verflachung hier vermindern, wenn man die Mündung stromabwärts kehrt. Die davor stehende Erdzunge oder der Hafenkopf hat alsdann die Richtung einer declinanten Buhne, und dieselben Gründe, welche dicht unterhalb einer solchen die Versandung verhindern, schützen auch die Hafenmündung vor übermäfsigen Verflachungen.

Die stromabwärts gekehrte Richtung der Einfahrt ist auch für den Schiffsverkehr die bequemste. Normal gegen den Strom darf die Mündung nicht gerichtet sein, denn die aus- und eingehenden Schiffe würden alsdann quer gegen den Strom gestellt werden müssen, was bei heftiger Strömung nicht möglich ist. Es bleibt sonach nur die Frage, ob es für den Schiffahrts-Betrieb vortheilhafter ist, die Mündung stromauf- oder stromabwärts zu kehren. Im ersten Fall würde nicht nur das Hineintreiben des Eises zu besorgen sein, sondern aufserdem könnten die in der Thalfahrt begriffnen Schiffe, die man in den Hafen bringen will, dennoch nicht unmittelbar hineinfahren, weil sie nicht so sicher zu steuern sind, dafs man es wagen dürfte, sie mit der vollen Geschwindigkeit des Stroms in die schmale Mündung treten zu lassen. Sie müfsten vielmehr vorher angehalten, dabei gedreht, und rückwärts in den Hafen geführt werden. Ein im Hafen liegendes Schiff, welches stromaufwärts gehn soll, könnte allerdings ohne Unterbrechung vom Hafen aus die Fahrt beginnen. Für diejenigen Schiffe, welche von unten heraufkommen und in den Hafen gebracht werden, oder

die im Hafen gewesen sind und die Thalfahrt antreten sollen, ist augenscheinlich eine stromabwärts gekehrte Mündung viel zweckmäfsiger. Die letzte Richtung ist sonach unter den vier vorkommenden Fällen dreimal die günstigere, woher man sie allgemein zu wählen pflegt.

Der Hafenkopf ist dem Angriff des Stroms stark ausgesetzt, insofern er eine scharf vortretende Ecke bildet, er mufs daher gehörig befestigt sein, und zwar wird er gewöhnlich durch eine Steindecke gesichert und über Wasser abgepflastert. Eine flache Dossirung unter Wasser darf er nicht erhalten, weil dadurch die Schifffahrt behindert würde, man führt ihn vielmehr möglichst steil auf, lehnt ihn auch wohl bis zur Höhe des niedrigsten Wassers gegen eine verankerte Holzwand. Sollte aber neben derselben eine grofse Tiefe sich bilden, so verschüttet man diese mit Steinen bis zu solcher Höhe, dafs die Schiffe noch stets darüber gehn können. Sollte das Ufer mit Buhnen verbaut sein, so mufs der Hafenkopf sich denselben anschliefsen und in ihre Streichlinie fallen.

Von besondrer Wichtigkeit ist es endlich, dafs derjenige Theil des Flufsbettes, der die Hafenmündung mit dem eigentlichen Fahrwasser verbindet, die gehörige Tiefe hat. Die Erhaltung derselben wird aber besonders schwierig, wenn der Strom in Folge sonstiger lokalen Verhältnisse an dieser Stelle entweder bei kleinem oder bei hohem Wasserstande Sand und Kiesbänke aufwirft, die jedesmal, sobald sie entstanden, von Neuem zu beseitigen sind. Man mufs sonach schon bei der Auswahl der Stelle für den Hafen hierauf Rücksicht nehmen, und die Mündung in ein Ufer verlegen, welches unmittelbar das tiefe Fahrwasser begrenzt. Dieses findet vorzugsweise an den concaven Ufern statt.

Ueber die sonstigen Anordnungen eines Flufshafens ist wenig zu erinnern. Seine Dimensionen sind durch die Anzahl und Gröfse der Schiffe bedingt, welche darin gesichert werden sollen. Ebenso ist die Breite der Mündung von der gröfsten Breite der Schiffe abhängig.

Ferner müssen die nöthigen Schiffshalter angebracht, und mit Bezug auf die Länge der Schiffe so vertheilt sein, dafs letztere möglichst bequem daran befestigt werden können. Der oben erwähnte Weg rings um den Hafen, und zwar in geringer Höhe über dem gewöhnlichen Wasserstande, ist gleichfalls als dringendes

Erfordernifs zu betrachten. Dieser Weg mufs auch durch eine hinreichende Anzahl bequemer Zugänge, am besten durch steinerne oder wenigstens hölzerne Treppen mit der Krone des Deiches verbunden sein.

§. 62.
Holz-Flösserei.

Das Flössen des Holzes bildet einen wichtigen Theil des Güter-Verkehrs auf Flüssen und Strömen. Es werden dabei keine Schiffe benutzt, sondern das Holz schwimmt unmittelbar auf dem Wasser. Nichts desto weniger sind zum Zweck der Flösserei doch manche bauliche Anlagen nöthig, auch kommen dabei verschiedene Umstände in Betracht, welche den Strombau nahe berühren.

Die Flösserei, welche mit sehr seltenen Ausnahmen immer stromabwärts geschieht, wird auf zwei verschiedene Arten betrieben. Die ganzen Stämme, also das Bauholz, verbindet man zu Flössen, deren Länge und Breite von der Beschaffenheit des Strombetts und der Schleusen und Archen abhängt, welche passirt werden müssen. Das Brennholz dagegen wird, bevor man es in den Strom bringt, in Scheite oder Kloben von den üblichen Dimensionen zerschnitten und schwimmt ohne irgend eine Verbindung lose herab.

Ueber die Flösserei der ersten Art ist wenig zu sagen, sie findet bei kleinen Flüssen gewöhnlich nur zur Zeit eines höhern Wasserstandes statt, weil die Untiefen alsdann weniger nachtheilig sind, auch die Wehre in dieser Zeit so hoch überströmt werden, dafs sie zum Theil überfahren werden können. Das Letzte ist jedoch immer und selbst bei mäfsigem Gefälle mit manchen Schwierigkeiten verbunden, namentlich taucht das Floss, sobald es den Wehrrücken passirt hat, tief ins Unterwasser ein, während es keineswegs sich selbst überlassen herabtreiben darf, vielmehr vollständig bemannt sein mufs, damit es an der passendsten Stelle und in der gehörigen Richtung über das Wehr geht, und gleich darauf wieder ins Fahrwasser kommt. Man darf also nur kräftige und geübte Leute hierbei benutzen, welche die Gefahr kennen, und sicher auf

dem Floss stehn, wenn dasselbe auch einige Fuſs tief unter Wasser taucht. Gemeinhin gehn indessen die Flösse durch Freiarchen, deren Weite die Breite der Flösse bedingt.

Im Allgemeinen sind die Flösse schwer zu regieren. In voller Fahrt lenkt man sie dadurch, daſs an ihren vordern und hintern Enden eine Anzahl Rieme oder Streichruder nach der einen oder der andern Seite, also quer gegen den Strom geschlagen werden, wodurch dem Floss einige Seitenbewegung oder Drehung mitgetheilt werden kann. Diese Bewegung ist aber im Vergleich zu der Geschwindigkeit, womit das Floss stromabwärts treibt, meist nur sehr geringe, und man muſs daher zeitig genug und zuweilen sogar schon ehe die Kiesbank oder der sonstige Gegenstand, dem man ausweichen will, sichtbar ist, mit der Handhabung der Ruder den Anfang machen. Hiernach ist es dringend nöthig, daſs die Führer gröſserer Flösse sowohl das Fahrwasser, als auch die Stärke und Richtung der Strömung an allen einzelnen Stellen genau kennen, und danach die passenden Maaſsregeln zu ergreifen wissen. Auf dem Rhein wird die Führung der groſsen Flösse nur den geschicktesten Steuerlenten anvertrant, die sich gemeinhin auch hiermit ausschlieſslich beschäftigen. Ihre Kunst steht aber im Allgemeinen in höherer Achtung, als die der Steuerleute für Segel- und Dampfschiffe.

Wenn die Sohle des Betts dazu geeignet ist, so kann man das Floss auch durch Anker steuern, die man nachschleppen läſst. Sie mäſsigen eines Theils die Geschwindigkeit, wodurch die Wirksamkeit der Ruder verhältniſsmäſsig verstärkt wird, andern Theils geben sie aber auch dem Floss schon unmittelbar eine angemeſsne Richtung. Die Ankertaue werden dabei immer hinten befestigt, und je nachdem dieses an der rechten oder an der linken Seite geschieht, so stellt sich das Floss etwas schräge, und indem es alsdann den Stoſs des Wassers von der Seite erhält, so treibt der Strom selbst es nach der einen, oder der andern Seite.

Beim Anhalten und Festlegen des Flosses ist besondre Vorsicht nothwendig. Man darf es nicht auf Untiefen auflaufen lassen, weil es sich bei seiner groſsen Masse darauf so fest aufschieben würde, daſs es nicht mehr davon abgebracht werden könnte, und man es entweder so weit es aufliegt, in die einzelnen Stämme zerlegen, oder einen höhern Wasserstand abwarten müſste,

wobei es wieder von selbst flott würde. Einzelne Anker sind auch nicht im Stande, das Floss schnell genug anzuhalten, und wenn dieselben wirklich hinreichenden Widerstand finden sollten, so würden die Ankertaue bei dem grofsen Moment der Bewegung zerreissen. Man mufs also dafür sorgen, dafs die Bewegung nach und nach vermindert wird. Dieses geschieht mittelst der Anker an solchen Stellen des Stroms, wo der Grund auf lange Strecken rein und eben ist. Durch Auswerfen mehrerer Anker, die beim Nachschleppen den Grund durchwühlen, vermindert sich schon merklich die Geschwindigkeit, und sobald dieses geschehn ist, werden andre Anker auf das Ufer gesetzt, die wie Pflugschaaren in dasselbe einschneiden, bis endlich das Floss zum Stillstand kommt. Sobald es aber fest liegt, mufs es durch Bäume gehörig abgesetzt werden, damit es nicht etwa bei fallendem Wasser irgendwo den Grund berührt oder durch den Wind auf das Ufer oder eine Kiesbank geschoben wird. Diese Rücksichten sind um so dringender und zugleich um so schwieriger zu beobachten, je gröfser die Flösse sind, und keine andre Art der Schiffahrt erfordert daher so sorgsame und kundige Führer, als diese.

Die grofsen Holzflösse auf dem Rhein, die zuweilen bei Mainz, zuweilen weiter abwärts bis oberhalb Coblenz verbunden werden, und gemeinhin bis Dortrecht fahren, sind wegen ihrer Gröfse berühmt. Sie verdienen aber auch wegen ihrer Zusammensetzung und noch mehr wegen der verschiednen Vorkehrungen zur sichern Führung eine nähere Beschreibung. Diese dürfte auch insofern von Wichtigkeit sein, als die gröfsten Flösse nach und nach verschwinden. Wenn der Holzhandel auch nicht merklich abnimmt, so findet man es in neurer Zeit, wie es scheint, bequemer und wohlfeiler oder sicherer, die Transporte zu theilen und statt eines grofsen, mehrere kleine Flösse zu erbauen.

Fig. 253. auf Taf. XXXIII. zeigt ein Rheinisches Holzfloss der gröfsten Art. *) Es ist in seiner vollständigen Zusammensetzung 850 Fufs lang, 150 Fufs breit und geht etwa 6 Fufs tief, während es noch 2 Fufs über Wasser liegt.

Der Haupttheil desselben ist das sogenannte Steifstück von

*) Entnommen aus Herman's Abbildungen der verschiednen Gattungen von Fahrzeugen, wie man sie auf dem Rheine sieht (ohne Jahreszahl).

660 Fuſs Länge und 100 Fuſs Breite. Vor demselben befinden sich zwei kleinere, besonders verbundne Flösse *A* und *B* von derselben Breite, jedoch nur 80 Fuſs lang. Man nennt sie das vordere und das zweite Knie. Zu beiden Seiten der letzten, so wie auch des Steifstücks sind endlich noch sechs Flösse befestigt, deren Länge mit der der ersten übereinstimmt, und deren Breite durchschnittlich 25 Fuſs beträgt. Dieses sind die Anhänge. Sie gehn gewöhnlich weniger tief als jene, und sind so verbunden, daſs sie, wenn es nöthig werden sollte, leicht gelöst werden können.

Die Verpackung des Holzes oder die Zusammensetzung des Flosses erfolgt mit groſser Vorsicht. Die untern Lagen bestehn aus Tannen-Stämmen, bis 100 Fuſs Länge, die vom Ober-Rhein und Main kommen. Sie sind specifisch viel leichter als das Wasser, woher sie das ganze Floss tragen. Darüber wird das Eichenholz gepackt, die geraden Stämme zur Seite, das zum Schiffbau bestimmte Krummholz in die Mitte. Bohlen, Dielen und Faſsdauben bilden den obern Theil, und namentlich sorgt man dafür, daſs die schwächern Stücke, wie dünne Dielen aus Tannenholz über Wasser kommen, während die eichnen Faſsdauben zum Theil schon zwischen das Schiffsbauholz gepackt werden. Das ganze wird durch die Abwechslung in der Richtung der Holzstücke, welche die einzelnen Lagen bilden, und durch übergenagelte Leisten fest verbunden und mit Bohlen von geringerem Werthe überdeckt. Für die Arbeiter sind indessen noch besondre Gänge eingerichtet und mit Laufdielen übernagelt, woher jene Bohlen nicht viel betreten werden.

Die Verbindung des Steifstücks mit dem zweiten Knie, sowie auch der beiden Kniee unter sich, ist in der Mittellinie des Flosses durch junge biegsame Eichenstämme No. 4 und 6 dargestellt, doch befinden sich an jeder Seite derselben noch vier starke Taue, um sie zu unterstützen. Von dem vordern Knie tritt nach jeder Seite ein starker Eichenstamm No. 2 vor, der horizontal auf dem Floss liegt und etwas über den Anhang herausragt. Dieselben heiſsen Schillbäume oder Spindeln. Sie werden am äuſsern Ende von starken Tauen gefaſst, die nach den Erdwinden oder Kappständern No. 8 führen. Wird eine dieser Erdwinden angezogen, die andre aber nachgelassen, so krümmt sich der vordre Theil des Flosses und hierdurch dreht sich nicht nur das ganze Floss, indem der Stoſs des Wassers am vordern Theil die eine und am hintern Theil

die andre Seite desselben trifft, sondern es ist auch um so leichter durch scharf gekrümmte Fahrwasser zu bringen.

Besonders sicher müssen diejenigen Bäume mit dem Floss verbunden sein, woran die Ankertaue befestigt werden. Zum Anschlagen und Feiern der Taue sind starke cylindrische Riegel hindurch gesteckt. Dieselben heifsen Maue. Die Hauptmaue, auch der Hauptständer genannt, befindet sich nahe am hintern Ende No. 19. Am vordern Ende des Steifstücks ist eine zweite No. 9 angebracht, die man die Hunds-Maue nennt. Der Zweck derselben ist folgender: wenn eine besonders scharfe Stromkrümmung passirt werden soll, namentlich die Stelle oberhalb St. Goar, so geht ein Nachen mit schweren Ankern und Tauen versehn voran, und diese Anker werden auf der vortretenden Uferdecke ausgebracht, und darin fest eingestellt. Die Taue derselben werden auf das vorbeifahrende Floss gegeben und schnell an der Hundsmaue befestigt. Das Floss wird dadurch gehalten, so dafs es nicht der tangentialen Richtung folgen kann und die gehörige Drehung machen mufs. Ferner befinden sich auch auf den Knien die Mauen No. 3 und 5, die zum Anhalten der Kniee dienen, falls diese bei etwanigem Aufstofsen auf Felsen oder auf das Ufer abbrechen, oder auch wohl im Fall der Noth absichtlich vom Steifstück getrennt werden sollten. Endlich sind auch noch die sämmtlichen Anhänge mit kleinen Mauen versehn.

Man sieht in der Figur vorn und hinten die Reihe von Streichrudern. Das Hauptfloss trägt an jedem Ende zwei und zwanzig derselben, und je zwei befinden sich noch an den Anhängen zu jeder Seite, so dafs ihre ganze Anzahl zwei und funfzig beträgt. Jedes ist gewöhnlich mit sechs Mann besetzt, die auf den Ruderbänken No. 1 und 21 stehn. Eine dritte Ruderbank, der Zufluchtsort genannt, befindet sich noch am vordern Ende des Steifstücks, und dieselbe ist auch vollständig mit Riemen belegt, damit im Fall der Gefahr, wenn die Kniee getrennt werden, die Mannschaft der vordern Ruderbank hier augenblicklich eintreten kann. Die Ruder werden fast ununterbrochen, bald stärker, bald schwächer, und bald nach der einen, bald nach der andern Seite geschlagen. Die Signale zu diesen verschiednen Bewegungen werden von den beiden Ruderstühlen No. 20 gegeben. Letztere bestehn in zwei Aufbauen von etwa 20 Fufs Höhe, welche eine freie Aussicht über das ganze Floss gestatten. Auf jedem steht ein Mann, der mit einem Hut die Signale

giebt. Von dem einen Ruderstuhl aus wird die vordere Ruderbank und von dem andern die hintere signalisirt. Der Steuermann, der das Ganze leitet, steht auf dem einen oder dem andern Ruderstuhl, von dem er jedesmal die Verhältnisse am besten übersehn kann. Er ruft den beiden erwähnten Leuten mündlich die Zeichen zu, und ertheilt auch alle sonstigen Befehle, welche die Lenkung des Flosses betreffen.

Sechzehn bis zwanzig Nachen, jeder mit sieben Mann besetzt, begleiten das Floss, und namentlich dienen sie dazu, um so oft es nöthig ist, die Anker auszubringen und demnächst wieder aufzuheben. Die Anker nebst den zugehörigen Schwimmern oder Buoyen, die gemeinhin Backeltönnchen heifsen, liegen gröfstentheils auf den Anhängen bei *E*, während die Taue auf dem Raum *D*, oder der sogenannten Lappenbrücke aufgeschossen sind. Die Anzahl der Anker beträgt bis vierzig und oft darüber. Zur Seite der Anhänge und auf denselben liegen die Schurbäume und Schurmaste, die vorzugsweise dazu dienen, das Floss vom Ufer entfernt zu halten, wenn es vor Anker liegt, in welchem Fall sie schräge ausgesetzt werden.

Die ganze Besatzung besteht aus etwa fünfhundert Mann, die sämmtlich nicht nur während der Fahrt, sondern auch in der Nacht und selbst wenn die Reise durch widrige Winde Wochen lang unterbrochen werden sollte, auf dem Floss bleiben. Sie haben daher hier nicht nur vollständige Wohnungen, so dafs das Floss wegen der Menge der darauf stehenden Hütten das Ansehn eines Dorfes bietet, sondern Alles, was zu ihrer Beköstigung während der ganzen Fahrt dient, befindet sich gleichfalls daselbst. No. 10 ist die Hütte für die sieben Mann, die an den Kappständern arbeiten, No. 11 Viehstall und Schlachthaus, No. 12 sind sechs Hütten für die Ruderer, No. 13 ist die Wohnung des Flossherrn, worin sich eine Menge Zimmer und Wirthschaftsräume, so wie auch das Comptoir befinden. An der vordern Seite dieser Hütte liegt ein elegant eingerichteter Saal, der gemeinhin durch Orangenbäume und Blumen geschmückt ist.

Auf dem Raume *C* neben der Wohnung des Flossherrn befindet sich das Bierlager mit der nöthigen Verdachung versehn. No. 14 enthält die Küche, die Backöfen, das Waschhaus nebst der Wohnung des Oberkochs und die Schreiner- und Küper-Werkstatt. No. 15 ist das Haupt-Magazin für die verschiednen Vorräthe, worin

sich zugleich die Wohnung des Proviantmeisters befindet. No. 16 die Hütte für die Mannschaft, welche zu den Nachen gehört, No. 17 die Wohnung des Steuermanns und No. 18 die Hütte des Unteraufsehers und der Haupt-Arbeiter. Zur Verproviantirung eines solchen Flosses rechnet man 40 bis 50,000 Pfund Brod, 12 bis 20,000 Pfund Fleisch, 10 bis 15,000 Pfund Käse, 10 bis 15 Centner Butter, 8 bis 10 Centner gesalzenes, 60 bis 80 Centner rohes Gemüse und 500 bis 600 Ohm Bier, woher die Rhein-Schiffahrts-Verwaltung 6000 Centner steuerpflichtiger Gegenstände als Provision der Mannschaft oder als Inventarium des Flosses zollfrei passiren liefs.

Es mufs noch erwähnt werden, dafs solchem Floss, wenn es in der Fahrt ist, jedesmal zwei mit besondern Flaggen bezeichnete Nachen oder sogenannte Wahrschauen vorangehn. Einer fährt 2 Stunden, der andre etwa 45 Minuten vor dem Floss. Sie kündigen die Ankunft desselben an, und sobald sie erscheinen mufs das Fahrwasser überall, soweit nöthig, geräumt und die Schiffbrücken vollständig mit Mannschaft besetzt werden, da sich nicht vorhersehn läfst, welchen Weg das Floss beim passiren der Brücke nehmen wird, und sonach jeder Theil derselben schnell abgefahren werden kann.

Das Flössen der losen Scheite, welches man auch das Triften nennt, kommt nur auf kleinen Flüssen und vorzugsweise in Gebirgsgegenden vor. Zum Auffangen des Holzes an dem Bestimmungsort werden jedesmal besondre Anstalten getroffen, aufserdem haben andre dazu gehörige Anlagen noch den Zweck, das Holz durch Seitenbäche dem Flufs zuzuführen oder auch ein zu frühzeitiges Forttreiben einzelner Stücke zu verhindern, und die ganze Masse, die auf einmal getriftet werden soll, möglichst gleichzeitig in Bewegung zu setzen.

Ich will mit der Beschreibung der letzten Vorrichtung den Anfang machen. Sie besteht in der Durchdämmung oder Schliefsung enger Thäler, in welche man das Holz leicht bringen kann, gewöhnlich stürzt es sogar von den steilen Abhängen schon von selbst in sie herab. Wenn man den Abflufs des Wassers verhindert, so sammelt es sich an und bildet einen See, der mit den Holzscheiten bedeckt ist. Diese werden aber mit dem Wasser zugleich fortgetrieben, wenn man letzteres durch eine weite Oeffnung möglichst schnell abfliefsen läfst. Solche Stauvorrichtung heifst die Klause,

und die Thalfläche davor, so weit sie unter Wasser gesetzt wird, der Klausenhof.

Die Constructionen, welche hierbei gewählt werden, sind immer sehr einfach. Zuweilen geschieht der Abschluſs nur durch einen Erddamm, welcher durchstochen wird, sobald das Triften erfolgen soll. Wenn dagegen in demselben Thal wiederholentlich die Scheite angesammelt werden, so führt man hölzerne Dämme, ähnlich den oben beschriebnen Senkkasten, auf, füllt sie mit Steinen aus und schlieſst die Abfluſs-Oeffnung durch Dammbalken, welche sich an eine Art von Drehständer lehnen. Die Klause pflegt an der Stelle gebaut zu werden, wo das Thal am engsten ist, sie also die mindeste Länge zu haben braucht. Die Oeffnung muſs so groſs sein, daſs die Ergieſsung in ziemlich kurzer Zeit erfolgt, weil nur in diesem Fall die Anschwellung bedeutend genug ist, um das unterhalb belegne Thal so hoch anzufüllen, daſs die Holzmasse sicher hindurch geführt wird. Daſs einzelne Scheite hinter der Wasser-Welle zurückbleiben und nach dem Ablaufen des Wassers auf dem Ufer liegen, kann nicht fehlen. Man bemüht sich zwar, alle Stücke, die etwa aufgehalten werden, wieder in den Strom zu stoſsen, in vielen Fällen ist aber jede Nachhülfe unmöglich, indem die Thäler stellenweise unzugänglich sind. Die ganze Operation kommt jedoch nur in Gegenden vor, wo das Holz nicht hoch im Preise steht, der Verlust einzelner Scheite daher nicht von Bedeutung ist. Dieselben werden auch, wenn sie beim einmaligen Triften liegen geblieben sind, später wieder in Bewegung gesetzt, sobald die Operation nach einiger Zeit wiederholt wird.

An der Stelle, wo das Holz aufgefangen werden soll, muſs man es auf irgend eine Art zurückhalten, damit es nicht vorbeischwimmt. Dieses geschieht zuweilen schon dadurch, daſs man einen oder mehrere Stämme quer über den Fluſs legt, doch ist dieses Mittel nur ausreichend, wenn die Strömung und zugleich die herabtreibende Holzmasse nicht bedeutend ist. Letztre sperrt nämlich einen groſsen Theil des Profils, und um so mehr verstärkt sich die Strömung an der Stelle, wo das Profil noch offen ist. Die Scheite werden daher häufig von dem Strom gefaſst, und indem sie untertauchen, treiben sie unter dem Schwimmbaum fort. Man muſs daher, wenn groſse Massen getriftet werden, das Profil nicht nur an der Oberfläche, sondern bis zur Sohle des Fluſs-

betts sperren. Dieses geschieht mittelst der Triftstege und Triftstöcke.

Gemeinhin wird das Holz an einer Stelle aufgefangen, wo ein Wehr liegt, und seitwärts oberhalb des Wehrs führt der Mühlengraben zugleich nach dem Holzhof, in welchen die Scheite hineingebracht werden sollen. Oftmals ist auch ein besondrer Trift-Canal nach dem Holzhof geleitet. Die Sperrung muſs sowol in dem eigentlichen Flufsbett, also neben dem Wehr, als auch in dem Mühlen- und Trift-Canal erfolgen. Der Abfluſs des Wassers darf hierbei jedoch nicht gehemmt werden, weil dadurch nicht nur Anschwellungen veranlaſst, sondern auch die frische Strömung unterbrochen würde, welche nothwendig ist, wenn das Holz den Bestimmungsort erreichen soll.

Man bildet sonach gitterartige Wände in jedem einzelnen Wasserlauf. Ueber dem Wehr befindet sich in angemeſsner Höhe eine leichte Laufbrücke, der sogenannte Triftsteg, und in einem Balken, der an der stromaufwärts gekehrten Seite derselben liegt, sind kreisförmige Löcher von 5 Zoll Durchmesser angebracht, in welche man die Spindeln oder Triftstöcke einsetzt, sobald getriftet werden soll. Letztere lassen jedesmal einen freien Raum von etwa 1 Fuſs lichter Weite zwischen sich, und ihr unteres Ende lehnt sich gegen den Vorboden des Wehrs und steht auf der Sohle des Bettes auf. In derselben Art erfolgt auch in den Seiten-Canälen der Verschluſs, woselbst jedoch die Triftstöcke, wenn nicht etwa die Schütze geschlossen sind, sich oben gegen die Griesholme lehnen.

Wenn während des Triftens die Flüsse anschwellen, so geschieht es wohl, daſs die Scheite sich vielfach unter einander schieben und stellenweise bis zur Sohle des Flufsbetts herabdringen, wodurch entweder ein übermäſsiger Aufstau, oder auch die Zerstörung des ganzen Triftsteges, oder der Bruch einzelner Spindeln herbeigeführt wird, und jedesmal das Holz von Neuem ins Treiben kommt und groſsentheils verloren wird.

Pechmann empfiehlt daher eine andre Einrichtung, welche an den Salinen im südlichen Bayern seit Jahrhunderten in Gebrauch sein soll. *) Die Wehre, welche in gewöhnlicher Weise mit Triftrechen versehn sind, ziehn sich nämlich sehr schräge stromabwärts,

*) Praktische Anleitung zum Flufsbau. Bd. II. München 1826. S. 32.

und unmittelbar an ihrem untern Ende befindet sich die Mündung des Trift-Canals. Die Einfassung desselben zunächst des Wehrs enthält die Grieswand der Freiarche, und indem hier die Schütze während des Triftens gezogen sind, so ist die Strömung vor dem Wehr so stark seitwärts gerichtet, dafs das Holz sich daselbst wenig ansammelt und vielmehr in den Kanal treibt. Das Eigenthümliche der empfohlnen Anordnung besteht darin, dafs das Wasser aus dem Trift-Canal nicht seitwärts in die Schütz-Oeffnungen der Arche tritt, sondern vielmehr abwärts. Zu diesem Zweck besteht die Sohle des Trift-Canals an dieser Stelle aus einem Gitterwerk, das hinreichend hoch über dem Vorboden der Freiarche liegt. Auf diesem Gitterwerk ist aber eine Bohlenwand aufgestellt, die sich gegen die Stirnflächen der Seitenmauern lehnt. Fig. 254 *a* und *b* zeigt diese Anordnung im Grundrifs und im Durchschnitt. Es ist dabei noch zu bemerken, dafs das hölzerne Gitter unmittelbar vor den Schützen durch einen eisernen Rost ersetzt ist, weil jenes beim plötzlichen Schliefsen des Schützes einen so starken Wasserdruck erfahren würde, dafs es brechen müfste, was jedoch bei den dünnen Eisenstäben nicht der Fall ist. Das Holz, welches sich beim Triften auch bei dieser Einrichtung noch immer im Anfange des Canals stark ansammelt, kann leicht weiter geschoben werden, und wird auch, wenn es auf das Gitter herabgezogen werden sollte, durch Haken gelöst und entfernt. Ein wesentlicher Vortheil besteht darin, dafs die Durchfluſs-Oeffnung eine viel gröfsere Ausdehnung hat und sonach die Strömung und der Wasserdruck geringer bleiben, als bei der gewöhnlichen Anordnung. Aufserdem aber ist die Rinne, wo das Holz sich ansammelt, von allen Seiten zugänglich, woher jede nöthige Nachhülfe leicht erfolgen kann.

Elfter Abschnitt.

Schiffsschleusen.

§. 63.

Anordnung der Schiffsschleusen.

Die Einrichtung der Schiffsschleusen oder Kammerschleusen ist schon oben (§. 59.) im Allgemeinen angedeutet. Sie dienen zur schiffbaren Verbindung zweier neben einander liegender Wasserflächen von verschiedner Höhe. Vor den Schiffsdurchlässen und Stauschleusen, die denselben Zweck haben, zeichnen sie sich dadurch aus, dafs weder das Schiff den Wassersturz passiren, noch auch das Oberwasser gesenkt werden darf. Der Spiegel des Oberwassers bleibt vielmehr beim Durchgange des Schiffes beinahe unverändert, und letzteres wird sanft gehoben oder gesenkt, indem es stets auf einer Wasserfläche schwimmt, die sehr nahe horizontal ist.

Zwischen dem Ober- und Unterwasser befindet sich ein Bassin, dessen Ausdehnung der Gröfse der Schiffe entspricht, und welches man die Schleusenkammer nennt. Dieselbe steht sowohl mit dem Oberwasser, als mit dem Unterwasser in Verbindung, kann aber von beiden getrennt werden. Das Schiff fährt von einer Seite in die Kammer hinein, und während es sich darin befindet, schliefst man zunächst die Oeffnung, welche den Eingang bildete, und stellt alsdann die Verbindung zwischen dem Wasser auf der andern Seite und der Kammer dar. In dieser hebt oder senkt sich nunmehr der Wasserspiegel und mit demselben zugleich das Schiff, bis die Niveaudifferenz auf derjenigen Seite aufgehoben ist, wohin das Schiff fahren soll. Wenn daher hier die Oeffnung frei gemacht wird, so kann das Schiff seinen Weg fortsetzen, indem das Gefälle bereits überwunden ist.

Die Erfindung der Schiffsschleusen gehört zu den wichtigsten und sinnreichsten der Wasserbaukunst, und es dürfte daher

nicht unpassend sein, über die Zeit und den Ort, wo Kammerschleusen zuerst angewendet wurden, einige historische Mittheilungen zu machen. Die Dunkelheiten, auf welche man fast jedesmal stöfst, wenn man den Ursprung wichtiger Erfindungen aufsucht, sind im vorliegenden Fall noch bedeutender, da die Stauschleusen, die man ohne Zweifel schon früher kannte, und die auch gewifs zur Erfindung der Kammerschleusen die nächste Veranlassung gaben, mit diesen vielfach verwechselt werden.

Hiernach verdient die Vermuthung, dafs Schiffsschleusen in Aegypten und China weit früher, als in Europa bekannt gewesen, keine weitere Berücksichtigung. In Bezug auf China theilt Woltman in der Einleitung zur Baukunst schiffbarer Canäle eine Beschreibung der dortigen Schleusen aus dem siebzehnten Jahrhundert mit, woraus sich ergiebt, dafs dieselben nichts anders als Schiffsdurchlässe waren. Die beiden Länder, welche die Erfindung der eigentlichen Kammerschleusen in Anspruch nehmen, sind die Niederlande und Italien.

Bélidor sagt *), der berühmte Holländische Ingenieur Simon Stevin sei der Erste gewesen, der über Schiffsschleusen, und zwar im Jahre 1618 geschrieben habe, da derselbe aber den Gegenstand als ganz neu darstellt, so müsse man annehmen, dafs die Erfindung erst kurze Zeit vorher gemacht sei. Diese Schlufsfolge ist indessen nicht überzeugend, denn es wäre noch der Fall denkbar, dafs die Erfindung schon früher gemacht, jedoch erst in jener Zeit in Holland bekannt geworden. Wiebeking behauptet dagegen, dafs Kammerschleusen schon viel früher in Holland üblich waren. Nach ihm hat bereits Wilhelm II. im Jahre 1253 die Genehmigung zum Bau einer solchen Schleuse bei Spaarndam ertheilt, und selbst 1220 sollen schon Schleusen bei Amsterdam existirt haben **). In dem Vorbericht der 1802 herausgegebnen Beiträge zur Baukunst schiffbarer Canäle, widerlegt Woltman die letzte Ansicht, und sagt, sie beruhe auf dem Irrthum, dafs Entwässerungsschleusen mit Kammerschleusen verwechselt seien.

Andrerseits hat man, vorzugsweise auf Frisi's ***) Aeufserung

*) *Architecture hydraulique, II. Partie, Livre I. Chap. III.*

**) Allgemeine Wasserbaukunst, zweite Auflage II. Seite 645.

***) *Dei Canali navigabili.* Milano 1770. — Abgedruckt in den *Raccolta d'autori Italiani che trattano del moto dell' acque. Vol. VI.*

gestützt, angenommen, dafs die erste Schiffsschleuse im Jahr 1481 an der Brenta in der Nähe von Padua erbaut sei. Frisi hat diese Nachricht, wie er selbst sagt, aus Zendrini's Werk entnommen, und Letztrer äufsert sich hierüber in folgender Art *):

„Da der Erfinder der Kammerschleusen sich ein so grofses Verdienst um die menschliche Gesellschaft erworben hat, so habe ich mir viele Mühe gegeben, seinen Namen zu entdecken und die Zeit zu ermitteln, in welcher diese wichtige Erfindung gemacht ist. Meine Mühe würde indessen fruchtlos geblieben sein, wenn ich nicht in einem Privat-Archiv eine Nachricht gefunden hätte, die hierüber einiges Licht verbreitet. Ich fand nämlich, dafs zwei Brüder Dionisio und Pietro Domenico aus Viterbo, Ingenieure im Venezianischen Staate, am 3. September 1481 von der Familie Contarini ein Grundstück bei Bastia di Strà, unfern Padova, ankauften, um daselbst in dem Piovego, oder dem Canale, der von Padova kommt, einen Stau anzulegen. In einem Schreiben von demselben Jahre, worin die genannten Brüder sich Uhrmacher nennen, sagen sie, sie wollten ihre Anlage so einrichten, dafs die Schiffe und Nachen das Wehr bei Strà ohne Gefahr überfahren könnten, das Wasser solle nämlich mit Leichtigkeit abgelassen werden, und man würde weder genöthigt sein, die Schiffe zu entladen, noch auch sie herauf zu ziehn. Sie stellten dabei die Bedingung, dafs die Erfindung ihr Eigenthum bleibe, und behielten sich vor, noch Verbesserungen daran anzubringen."

Diese Beschreibung pafst indessen eben so gut auf eine Stauschleuse, wie auf eine Kammerschleuse, obwohl hier ohne Zweifel von einer Anlage die Rede ist, die wenigstens in dortiger Gegend bisher unbekannt war.

Viel wichtiger ist eine Thatsache, die Simone Stratico in einer historischen Untersuchung über die Erfindung der Schleusen mittheilt. **) Leone Battista Alberti beschreibt nämlich im 10ten Buche Cap. 12 seines Werkes *De re aedificatoria* die Kammerschleu-

*) *Leggi e fenomeni, regolazioni ed usi delle acque correnti.* Ravenna 1731. Cap. XII. §. 9. — Abgedruckt in der *Raccolta Vol. VIII.*

**) *Nuova Raccolta d'autori Italiani che trattano del Moto dell' Acque. Tomo IV.* Bologna 1824. Pag. 553. Das Original befindet sich in den *Memorie dell' Imperiale Regio Instituto del Regno Lombardo Veneto Tom. II.* Milano 1821.

sen so genau, dafs jeder Zweifel darüber verschwindet, ob wirklich eine Kammerschleuse gemeint sei. Alberti überreichte aber nach einer Mittheilung in der Fortsetzung der Eusebianischen Chronik schon im Jahre 1452 dieses Buch dem Papste Nicolaus V. Die Stelle lautet:

„Man mufs doppelte Verschlüsse machen, indem man den Strom an zwei Stellen sperrt, so dafs der Zwischenraum das Schiff nach der Länge aufnehmen kann. Soll das Schiff heraufgehn, so wird der untere Verschlufs, nachdem es hineingefahren ist, gesperrt und der obere geöffnet. Soll es aber herabgehn, so wird im Gegentheil der obere geschlossen und der untere geöffnet. Auf diese Weise wird das Schiff parallel zu dem fliefsenden Wasser in sanfter Strömung herausfahren."

Lecchi will in der Lebensbeschreibung des Filippo Maria Visconti den Beweis finden, dafs schon ums Jahr 1420 die Schleusen bekannt waren. Die Stelle ist indessen nicht klar, obwohl darin ohne Zweifel von der Ueberwindung starker Gefälle die Rede ist. Die Erwähnung der mechanischen Hülfsmittel zum Herüberschaffen der Schiffe macht es aber wahrscheinlich, dafs Schiffsdurchlässe oder vielleicht Rollbrücken gemeint sind.

Ich gehe nach dieser kurzen geschichtlichen Darstellung zur Beschreibung der Kammerschleuse über. Man unterscheidet in einer Kammerschleuse drei Haupttheile, nämlich die beiden Stauvorrichtungen, von denen eine gegen das Oberwasser, und die andre gegen das Unterwasser gekehrt ist, und den mittlern Raum, worin die Schiffe liegen, während sie gehoben oder gesenkt werden. Jene nennt man die Häupter, und zwar dasjenige, welches sich am Oberwasser befindet, das Oberhaupt, und das gegenüberstehende das Unterhaupt. Der mittlere Raum heifst die Kammer.

Die Häupter erhalten Oeffnungen von solcher Weite und Tiefe, dafs die gröfsten Schiffe, die durchgehn sollen, kein Hinderniſs finden. Die Weite der Oeffnung ist gemeinhin zu grofs, als dafs man sie durch ein Schütz, wie die Oeffnung einer Freiarche, noch schliefsen kann. Aufserdem würde dabei auch der Uebelstand eintreten, dafs das Schütz, welches über der Oeffnung schwebt, das Durchgehn der Schiffe mit Masten oder hohen Ladungen verhindert. Von den Dammbalken kann man bei Schiffsschleusen keinen

Gebrauch machen, insofern das Einlegen und Ausheben derselben zu mühsam und zeitraubend ist. Man schliefst daher die Oeffnungen in den Schleusenhäuptern durch Thore, die sich gewöhnlich um vertikale Achsen drehn, und zwar wendet man in den meisten Fällen zwei gegenüberstehende Thore an, die sich, wenn sie geschlossen sind, gegen einander stemmen. Man nennt sie alsdann Stemmthore. Nur selten, und zwar wenn die Oeffnungen sehr geringe Weiten haben, schliefst man sie durch einzelne Thore, die zuweilen auch um horizontale Achsen gedreht, und beim Oeffnen flach auf den Boden gelegt werden.

Die Dimensionen der Kammer müssen den gröfsten Fahrzeugen, welche die Schleuse benutzen sollen, entsprechen, und ausserdem noch einigen Spielraum lassen, damit eine freie Bewegung möglich bleibt. Dabei entsteht indessen die Frage, ob man die Kammer nur für ein Schiff, oder zwei, oder vielleicht für noch mehrere einrichten soll. Die Schleusen, in welchen zwei Schiffe Platz finden, nennt man Doppelschleusen, und Kesselschleusen heifsen diejenigen, in welche mehr als zwei Schiffe gleichzeitig aufgenommen werden können. In Deutschland sind die Doppelschleusen nicht ungewöhnlich. In den Canälen, welche die Verbindung zwischen der Spree und Oder darstellen, sind sie allgemein üblich. In dem nunmehr eingegangnen Max-Clemens-Canal, der sich von Münster aus, etwa 4½ Meilen in der Richtung nach Nordhorn erstreckte, ohne jedoch weder diese Stadt noch irgend einen andern Ort zu erreichen oder zu berühren, befand sich eine sehr grofse Schleuse, die steinerne Schleuse genannt, welche sieben der dort üblichen Schiffe fassen konnte, während die ganze Anzahl der Canalschiffe nicht mehr als fünf betrug, und wahrscheinlich niemals gröfser gewesen ist. In England und Frankreich kommen, mit seltenen Ausnahmen aus früherer Zeit, keine Doppelschleusen vor.

Insofern die Doppelschleusen, wegen ihrer gröfsern Länge oder Breite, jedenfalls in der Anlage und Unterhaltung theurer als die einfachen sind, so mufs man fragen, aus welchem Grunde man sie wählt. Wenn man auf die Erleichterung der Arbeit beim Ziehn der Schütze und Oeffnen der Thore nicht Rücksicht nimmt, die in der That wenig in Betracht kommen kann, so würde ein Vortheil nur in Bezug auf Zeitgewinn und Verminderung des Wasserbedarfs zu suchen sein. Derselbe stellt sich aber nur insofern heraus, als

die Grundfläche der Kammer etwas kleiner ist, als das doppelte einer einfachen Schleuse. Letztere mufs nämlich den Dimensionen der gröfsten Schiffe entsprechen, bei der Doppelschleuse aber darf angenommen werden, dafs es nicht nothwendig sei, zwei der gröfsten Schiffe gleichzeitig durchzuschleusen, vielmehr neben einem gröfsern jedesmal ein kleineres befördert werden kann. Dieser geringe Vortheil verschwindet aber, wenn nicht immer zwei verschiedne Schiffe zusammen vor der Schleuse ankommen, und sonach ein einzelnes entweder die Ankunft des zweiten abwarten, oder allein durchgeschleust werden mufs. Im letzten Fall ist der Zeitaufwand zum Füllen oder Entleeren der Kammer, so wie auch der Wasserbedarf viel gröfser, als bei einer einfachen Schleuse, und der Nachtheil in Bezug auf Zeitverlust ist augenscheinlich, indem das einzelne Schiff nicht sogleich durchgeschleust wird. Es gilt auch in allen Fällen, wo ein freier Verkehr stattfindet, und Doppelschleusen vorkommen, die Regel, dafs ein einzelnes Schiff die Ankunft eines zweiten abwarten mufs, oder wenigstens nicht früher allein durchgeschleust werden darf, bis es eine gewisse Anzahl von Stunden gewartet hat. Ob indessen eine solche Vorschrift wirklich immer beachtet wird, ist schwer zu controlliren. Hiernach dürften Doppelschleusen nur passend sein, wenn ein sehr frequenter Verkehr zu erwarten ist. Aufserdem rechtfertigt es sich aber auch, wenn beim Neubau einer Schleuse in einem Canale, der bereits mit mehreren Doppelschleusen versehn ist, diese gleichfalls für die Aufnahme zweier Schiffe eingerichtet wird.

Bei Anordnung von Doppelschleusen entsteht die Frage, in welcher Weise man die erforderliche Vergröfserung der Kammer darstellen soll. Es bieten sich hierzu zwei verschiedne Mittel dar, nämlich entweder die Verlängerung oder die Verbreitung der Kammer. Im ersten Fall wird der Bau sehr vertheuert durch die grofse Länge der Kammerwände. Man wählt daher gemeinhin das zweite Mittel oder die Verbreitung, und zwar wird diese vielfach gleichmäfsig auf beide Seiten vertheilt, so dafs der Grundrifs der Schleuse symmetrisch ist, wie Fig. 256. *a* auf Taf. XXXIV. zeigt. Dieselbe Figur deutet indessen auch den Nachtheil an, den diese Anordnung zur Folge hat. Die Breite der Schleuse mufs nämlich beträchtlich gröfser sein, als die der beiden Schiffe, die zugleich darin Platz finden sollen, weil das zweite Schiff beim Einfahren, und eben so

auch das erste beim Ausfahren eine schräge Stellung annimmt. Diese gröfsere Breite vermehrt nicht nur die Anlagekosten, sondern verursacht auch bei jeder Füllung der Kammer eine verstärkte Wasser-Consumtion, und in Folge derselben einen entsprechenden Zeitverlust.

Aus diesen Gründen hat man oft die Kammer nur an einer Seite verbreitet, Fig. 256 *b*. Die Schiffe dürfen alsdann keine schräge Stellung annehmen, und der erwähnte Zusatz in der Breite der Kammer wird entbehrlich. Bei dieser Anordnung tritt indessen ein Uebelstand ein, der beim freien Verkehr, oder wenn der Eigenthümer des Canals nicht zugleich Eigenthümer aller darauf fahrenden Schiffe ist, sehr störend wird. Dasjenige Schiff, welches zuerst in die Schleuse hineinfährt, bleibt nämlich am längsten darin, und das andre Schiff, welches später eingefahren ist, kann und mufs sogar zuerst aus der Schleuse herausfahren. Um die Streitigkeiten zu vermeiden, welche aus diesem Grunde zwischen den Schiffern entstehn, versetzt man daher die Häupter der Schleuse, wie Figur 256. *c* zeigt. Dasjenige Schiff, welches zuerst hineinkommt, wird sogleich seitwärts geschoben und dadurch vor die Oeffnung gebracht, durch welche es herausfährt, es verläfst sonach zuerst die Schleuse.

Bei Gelegenheit der Doppelschleusen wäre auch noch einer andern Anordnung zu erwähnen, wobei die Breite der Schleuse nur der Breite des gröfsten Schiffes entspricht, aber mit zwei Unterhäuptern versehn ist. Das letzte derselben ist so weit vom Oberhaupt entfernt, dafs ein Schiff der gröfsten Art zwischen beiden Platz findet, dagegen befindet sich das zweite Unterhaupt etwas näher am Oberhaupt, und schliefst sonach eine kürzere Kammer ab, die zum Durchschleusen kleinerer Schiffe benutzt wird. In Holland findet man solche Schleusen. Daselbst sieht man auch zuweilen, wie z. B. an den Eingängen des Nord-Holländischen Canals zwei Schleusen von verschiednen Dimensionen neben einander, von denen die kleinere für den gewöhnlichen Verkehr bestimmt ist, die gröfsere aber nur den Schiffen der Kriegsmarine und den gröfsten Kauffahrtheischiffen geöffnet wird. Die Erbauungkosten werden bei dieser Anordnung aufserordentlich erhöht, aber andrerseits ist der dabei erreichte Vortheil nicht in Abrede zu stellen. Dieser besteht darin, dafs beim gewöhnlichen Verkehr das Durchschleusen beschleunigt und erleichtert, und die Wassermenge vermindert wird, welche

beim jedesmaligen Entleeren der Schleuse aus dem Oberwasser in das Unterwasser fliefst. Der letzte Umstand ist wegen der eigenthümlichen Lokal-Verhältnisse dieses Canals besonders wichtig. Wassermangel tritt nämlich hier niemals ein, da der Canal an beiden Enden durch das Meer gespeist wird, aber eben deshalb fehlt dem mittleren Theil desselben die natürliche Entwässerung, und indem er die eingedeichte Niederung durchschneidet, welche nur durch Schöpfmühlen entwässert wird, so mufs auch dasjenige Wasser durch Mühlen ausgepumpt werden, welches beim Durchschleusen der Schiffe zugeführt wird. Diese Wassermenge würde aber viel gröfser sein, wenn man die zur Aufnahme von Fregatten bestimmten Schleusen beim Durchgange jedes kleinen Schiffes benutzen müfste.

Nachdem im Vorstehenden die Bedingungen angegeben sind, von welchen die Dimensionen der Schleusen im Allgemeinen abhängen, ist es nöthig, die einzelnen Theile und deren Zweck und Anordnung zu bezeichnen. Ich wähle hierbei eine massive und zwar eine einfache Schleuse. Fig. 257 stellt dieselbe dar, nämlich *a* im Grundrifs und *b* im Längendurchschnitt durch die Mittellinie der Schleuse, wobei der mittlere Theil der Kammer, der nichts Bemerkenswerthes enthält, fortgelassen ist.

Aus dem Längenprofil ersieht man, dafs der Boden der Schleuse nicht durchweg gleiche Höhe hat, sondern sich theils der Sohle des Ober-Canals und theils der des Unter-Canals anschliefst. Der höhere Boden, den man Ober-Boden nennt, befindet sich im Oberhaupt, wogegen der Unter-Boden sich durch die Kammer und das Unterhaupt erstreckt. Zwischen beiden liegt noch der Abfall-Boden (8), der, wenn er lothrecht ansteigt, wie oft geschieht, im Grundrifs nicht sichtbar ist.

In jedem der beiden Häupter befinden sich die Thor-Kammern (2 und 11), worin die Thore sich bewegen. Oberhalb der Thorkammerböden liegen die Vorböden (1 und 10), und unterhalb derselben die Hinterböden (7 und 16). In den Vorböden nebst den dazu gehörigen Mauern oder Seitenwänden sind die Dammfalze angebracht, worin bei vorkommenden Reparaturen einzelner Schleusentheile Dammbalken eingelegt werden. Die Hinterböden dienen nicht nur zu demselben Zweck, sondern verstärken zugleich die Schwellen (6 und 14), wogegen die Thore sich lehnen, wenn sie geschlossen sind. Die Schwellen nennt man

Drempel oder Schlagschwellen. Sie müssen über die Thorkammerböden vorragen, damit die Thore sich dagegen lehnen, ohne jene zu berühren. Der Abfall-Boden (8) bildet den Uebergang vom Ober-Boden zum Boden der Schleusen-Kammer. Er ist sehr verschiedenartig gestaltet, bald mehr, bald weniger steil, und bald gerade und bald gekrümmt.

Das Oberhaupt erstreckt sich über den Vorboden, die Thorkammer, den Hinter- und Abfallboden fort, soweit die in der Figur angedeutete Verstärkung der Seitenmauern reicht. Die Ausdehnung des Unterhauptes ist gleichfalls durch die Verstärkung der Mauern bezeichnet. Man findet in Letzteren mit Ausnahme des Abfall-Bodens alle Theile des Oberhauptes wieder. Die Schleusenkammer endlich, oder der Raum, worin die Schiffe liegen, während sie gesenkt oder gehoben werden, beginnt am Fuſs der Abfallbodens und erstreckt sich bis zur untern Thorkammer. Der Vorboden des Unterhauptes (10) gehört also eben sowol zu dem letztern, wie zur Kammer. Er ist in der That von dieser durch Nichts getrennt, und man würde ihn nicht als besondern Theil der Schleuse ansehn dürfen, wenn sich nicht die Dammfalze darin befänden.

Die Dammfalze pflegt man in neurer Zeit nur einfach zu machen, so daſs die Balkenwand selbst den wasserdichten Schluſs bildet, während man sonst in doppelte Falze zwei Wände einsetzte und den Zwischenraum mit Mist anfüllte. Nur über dem Hinterboden des Unterhauptes, wo wegen der höhern Anschwellungen des Unterwassers der Eintritt eines hohen Wasserstandes während der Reparaturen der Schleusen am meisten zu besorgen ist, bringt man, wie in den Figuren angegeben, auch jetzt noch doppelte Dammfalze an.

Unter den verschiednen Theilen einer Schiffsschleuse sind die Thore am wenigstens dauerhaft und bedürfen daher am häufigsten der Reparaturen. Um in solchem Fall nicht die ganze Schleuse trocken legen zu dürfen, muſs jede Thorkammer für sich abgeschlossen werden können. Dieses ist der Grund, weshalb über den Vor- und Hinterböden die Vorrichtung zum Einlegen der Dammbalken angebracht wird. Ueber dem Hinterboden des Oberhauptes ist dieses jedoch entbehrlich, sobald der Oberboden sich über den gewöhnlichen Stand des Unterwassers erhebt, und sonach von dieser Seite kein Zudrang des Wassers gegen die Thore stattfindet. Die

Dammfalze sind übrigens nicht nur in den Seitenmauern, sondern bei massiven Böden, auch unten eingeschnitten (§. 46.), weil das Mauerwerk, selbst wenn es aus Werkstücken besteht, dennoch gewöhnlich nicht so eben ist, dafs ein ziemlich dichter Schlufs sich darüber darstellen läfst. Hat die Schleuse dagegen einen hölzernen Boden, so liegt der untere Dammbalken flach auf demselben, und oft bringt man darunter eine Spundwand nebst Fachbaum an, um zu verhindern, dafs das Wasser unter dem Bohlenboden hindurchdringt.

Die Thorkammern müssen gröfsere Breite haben, als die andern Theile der Schleuse, damit die Thore, wenn sie geöffnet sind, nicht den Durchgang der Schiffe hindern. An beiden Seiten jeder Thorkammer befinden sich daher Nischen, die man Thor-Nischen nennt (3 und 12), und diese müssen so tief sein, dafs von dem geöffneten Thor kein Theil vor die Flucht der Mauer tritt. In jeder Thornische ist besonders diejenige Kehle wichtig, in welcher die Wendesäule des Thors sich dreht, und welche mit dem Thor, wenn dieses geschlossen ist, einen wasserdichten Schlufs bilden mufs. Diese Kehle nennt man die Wendenische.

Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten gegen die Schlagschwellen, von denen bereits die Rede war, und aufserdem müssen sie auch einander berühren oder sich gegen einander stemmen. Die Figur zeigt sie im Oberhaupt geschlossen (4) und im Unterhaupt geöffnet (13). Bei kleinen Schleusen, die nur eine sehr geringe Breite haben, schliefst man jede Oeffnung auch wohl durch ein einzelnes Thor, das sich theils an die Wendenische und theils an einen gegenüber befindlichen Pfeiler, oder statt dessen an einen hölzernen Pfosten lehnt. Der Drempel bildet alsdann nicht mehr ein gleichschenkliges Dreieck, sondern eine gerade Linie. Es mufs noch bemerkt werden, dafs die Stemm-Thore, wenn sie geschlossen sind, durch den Druck des Oberwassers an die Wendenischen, die Schlagschwellen und an einander so fest gepreſst werden, dafs eben hierdurch der wasserdichte Schlufs sich bildet. Der Wasserdruck, dem ein Thorpaar ausgesetzt ist, während es das Oberwasser begrenzt, verhindert das Oeffnen der Thore. Wollte man diese aber dennoch gewaltsam öffnen, so würde, abgesehn von der Gefahr, der sie selbst ausgesetzt wären, die plötzliche Anfüllung oder Entleerung der Kammern auch für die darin befindlichen Schiffe nachtheilig und gefährlich werden. Man mufs daher noch dafür

sorgen, dafs der Stau oder die Begrenzung des Ober- und Unterwassers von dem einen Thorpaare auf das andre allmählig übertragen, die Kammer also mittelst andrer Oeffnungen oder Seitencanäle bis zum Niveau des Oberwassers gefüllt, oder wenn sie gefüllt ist, bis zu dem Spiegel des Unterwassers entleert werden kann. Hierzu dienen gewöhnlich Oeffnungen in den Thoren, die durch Schütze geschlossen werden. In besondern Fällen wendet man zu diesem Zweck aber auch überwölbte Canäle an, die zur Seite der Thore liegen, und gleichfalls durch Schütze oder Klappen in Wirksamkeit gesetzt werden. Solche Canäle nennt man Umläufe. In der Zeichnung Fig. 257 sind sie im Oberhaupt durch punktirte Linien angedeutet (5), so wie man auch im Längendurchschnitt die beiden Mündungen eines solchen sieht.

Liegt die Schleuse an einem Strom, der starken Anschwellungen ausgesetzt ist, wobei die Schiffahrt unterbrochen wird, so ist es nöthig, die Durchströmung der Schleuse zu verhindern, weil sie selbst sowol, wie auch die Schleusen-Canäle dadurch einer starken Verschüttung mit Sand oder Kies ausgesetzt wäre. Das Oberhaupt, wie auch die Oberthore werden daher bis über das höchste Wasser heraufgeführt, wie die Figur zeigt. Bei Canalschleusen, vor denen das Oberwasser in der normalen Höhe gehalten werden kann, ist diese Vorsicht entbehrlich, und die Mauern des Oberhauptes schliefsen sich in gleicher Höhe an die Kammermauern an.

Zuweilen bringt man auch in den Schleusenkammern Treppen an, um zu den Schiffen herabsteigen zu können, während diese in den Schleusen liegen. Fig. 261. auf Taf. XXXV. zeigt eine solche Treppe. Diese Anordnung hat indessen, abgesehn von einer geringen Vergröfserung der Kosten, den Nachtheil, dafs die Unterbrechung der Mauerfläche für den Verkehr auf derselben störend ist, und für die Arbeiter, welche beim Durchschleusen der Schiffe behülflich sind, besonders in der Nacht, leicht gefährlich werden kann. Man umgiebt deshalb eine solche Treppe zuweilen von einer oder von zwei Seiten mit eisernen Geländern. Dieselben sind aber wieder beim Ausbringen und Anziehn der Fangleinen sehr hinderlich. Ueberdies ist der Nutzen solcher Treppen nicht erheblich, sie werden auch wohl nur in dem Fall angebracht, wenn der Schleusenwächter verpflichtet ist, die Schiffe während des Durchschleusens zu messen oder in andrer Weise zu controlliren.

Die Flügelmauern, welche zum Anschluſs an das Canal-Profil dienen, können in dieser allgemeinen Beschreibung übergangen werden, und eben so ist die Erwähnung andrer Nebentheile hier entbehrlich.

Die richtige Anordnung der Höhenlage der verschiednen Schleusentheile erfordert vorzugsweise eine sorgfältige Ueberlegung. Im Allgemeinen wird der Bau um so wohlfeiler, je höher der Ober- und Unterboden liegt, weil dadurch die tiefere Fundirung vermieden und zugleich die Mauermasse vermindert wird. Sämmtliche Böden müssen aber so tief liegen, daſs selbst beim Eintritt des niedrigsten Wasserstandes die Schiffe darüber gehn können. Auf manchen Strömen hört freilich bei anhaltender Dürre die Schiffahrt ganz auf, und in diesem Fall könnte man sich damit begnügen, den Gebrauch der Schleusen auf etwas höhere Wasserstände zu beschränken. Die Wasserstands-Beobachtungen sind auf unsern Strömen schon so lange fortgesetzt, daſs man mit grosser Sicherheit daraus entnehmen kann, bis zu welcher Tiefe das kleinste Wasser zuweilen herabsinkt. Indem man ferner den Tiefgang der beladnen Schiffe im Allgemeinen und zur Zeit des kleinen Wassers kennt, so ist es leicht, die Höhen zu bezeichnen, in welchen der Ober- und Unterboden einer Schleuse liegen muſs. Man pflegt indessen dieselben noch um eine gewisse Quantität, gewöhnlich um einen Fuſs, zu senken, um bei zufälligen Aenderungen der Verhältnisse die Schiffahrt nicht zu unterbrechen.

In Canälen, welche stehendes Wasser enthalten, läſst sich leicht eine zu groſse Höhe der Schleusenböden dadurch vermeiden, daſs man den Unterboden der einen Schleuse in den Horizont des Oberbodens der nächstfolgenden legt, und über beiden den erforderlichen Wasserstand darstellt. Bei Schleusen zur Seite eines Stroms, die das Gefälle eines Wehrs oder einer Stromschnelle aufheben, muſs man dagegen die Verhältnisse der anliegenden Strecken berücksichtigen und namentlich in Bezug auf den Unterboden und Unterdrempel auch die Aenderungen nicht unbeachtet lassen, die möglicher Weise bei weitrer Ausdehnung der Strom-Correction eintreten können (§. 59).

Der Oberboden sowol als der Unterboden einer Schleuse liegen nicht ihrer ganzen Länge nach in gleicher Höhe, weil die Schleusenthore sich mit ihren untern Rändern an die vortretenden

Schwellen lehnen müssen. Die Thorkammerböden sind daher noch tiefer zu legen, damit die Schwellen darüber vortreten. Ihre Senkung wird aber nicht weiter ausgedehnt, als dringend nöthig ist. Der Vorboden des Unterhauptes und der Kammerboden liegen daher wieder mit dem Unterdrempel in gleicher Höhe. Der Vorboden des Oberhauptes hat gemeinhin eine so geringe Ausdehnung, dafs die Erhöhung desselben, welche in Fig. 257. *b* dargestellt ist, sich kaum noch rechtfertigt, besonders weil sie die Anbringung eines neuen Absatzes im Boden bedingt. Dieser Vorboden wird daher gemeinhin in die Höhe des Thorkammerbodens gelegt, wie Fig. 261 zeigt. Die Hinterböden in beiden Häuptern, welche immer zur Verstärkung der Schlagschwellen dienen, liegen dagegen mit diesen in gleicher Höhe.

Im Vorstehenden ist, wie auch Anfangs erwähnt, der Massivbau vorausgesetzt. Eine wesentliche Aenderung in der Höhenlage des Oberbodens mufs indessen eintreten, wenn derselbe in Holz ausgeführt wird. Das Holz darf nämlich nicht dem häufigen Wechsel von Trockenheit und Nässe ausgesetzt werden, und dieses würde beim Hinterboden und dem obern Theil des Abfallbodens im Oberhaupt der Fall sein, wenn der Oberboden so hoch gelegt wäre, als die Einsenkung der Schiffe nach der vorstehenden Untersuchung gestattet.

Zur Schonung der erwähnten hölzernen Böden, deren Reparatur immer schwierig und zeitraubend, daher auch für die Schiffahrt sehr störend ist, pflegt man dieselben bis unter das niedrigste Unterwasser zu senken, und hiernach erhält der ganze Oberboden eine tiefere Lage, wie Fig. 258 zeigt. Dabei tritt der Uebelstand ein, dafs die Sohle des Ober-Canals bedeutend höher liegt, als der Oberboden der Schleuse. Man kann freilich die Canalsohle allmählig bis zu dem letztern senken, aber abgesehn von der alsdann erforderlichen nutzlosen Vertiefung und Verbreitung des Canals, die wieder eine Verlängerung der Flügelmauern bedingt, wird dadurch auch das Versanden und Verschlämmen der Schleuse befördert, indem die Strömung, die beim jedesmaligen Füllen der Kammer eintritt, den Sand und die Erde auf der geneigten Sohle des Canals um so leichter der Schleuse zuführt. Am vortheilhaftesten ist es in diesem Fall, die in Fig. 258 angegebne Anordnung zu wählen, und die untern Dammbalken im Vorboden des Oberhauptes beständig

liegen zu lassen, gegen welche die Erdschüttung in der vollen Höhe der Sohle des Ober-Canals sich lehnt. Man kann auch, wie gleichfalls zuweilen geschieht, statt dieser Balkenwand eine Fallmauer in derselben Höhe aufführen.

In den Amerikanischen Canal-Schleusen Fig. 265 Taf. XXXVII. wird der Oberdrempel sogar zuweilen mit dem Unterdrempel in gleiche Höhe gelegt. Der Abfallboden zwischen beiden fehlt dabei ganz, wogegen vor der obern Thorkammer eine senkrechte Mauer steht, welche der Sohle des Ober-Canals zur Stütze dient. Bei der dort üblichen sehr leichten Konstruktionsweise erlaubt diese Anordnung ohne Zweifel eine grofse Vereinfachung des ganzen Baues. Die Oberthore erhalten alsdann dieselbe Höhe, wie die Unterthore, und indem die Schütz-Oeffnungen sehr tief angebracht werden können, verschwindet nicht nur die Gefahr, dafs das Wasser, beim Herabstürzen vom Abfallboden, in das Schiff fliefsen möchte, welches in der Schleuse liegt, sondern die Geschwindigkeit des durchfliefsenden Wassers wird auch gröfser und sonach füllt die Kammer sich schneller an, als wenn die Schütz-Oeffnung über einem hohen Abfallboden läge. In den meisten Fällen befindet sich aber in den Amerikanischen Canalschleusen unter den Schlagschwellen des Oberhauptes noch eine zweite Mauer von gleicher Höhe, und der Raum zwischen beiden ist mit einem hölzernen Boden überdeckt. Es kommt auch vor, dafs diese zweite Mauer durch eine offne hölzerne Rüstung ersetzt wird, und hierdurch bietet sich Gelegenheit, unter Umgehung von Schütz-Oeffnungen in den Thoren und von Umläufen, die Kammern durch Oeffnungen in dem erwähnten hölzernen Boden zu füllen, wovon später die Rede sein wird (§. 67).

Was die Höhe der Schleusenmauern betrifft, so hängt dieselbe von dem höchsten Wasserstande ab, wobei die Schiffahrt noch ausgeübt werden kann. Die Benutzung der Schleuse hört auf, sobald das Oberwasser die Höhe der Thore erreicht. Da aber bei gefüllter Kammer die Unterthore das Oberwasser begrenzen, so mufs die Höhe derselben, eben so wie auch die der Kammerwände noch über den höchsten schiffbaren Stand des Oberwassers hinaustreten. Dafs das Oberhaupt und die Oberthore bis über den absolut höchsten Wasserstand heraufzuführen sind, ist bereits erwähnt. Wenn aber das Unterwasser zu solcher Zeit nahe dieselbe Höhe

erreicht, so ist es ohne Nachtheil, dafs dieses die Unterthore überfluthet, weil dadurch keine heftige Durchströmung und sonach auch keine Versandung veranlafst wird.

In manchen Fällen erreichen die selten wiederkehrenden höchsten Wasserstände eine solche Höhe, dafs die Oberthore, wenn sie derselben entsprechen sollten, sehr schwer und im Gebrauch unbequem werden würden. Man pflegt alsdann besondre Vorkehrungen zu treffen, wodurch sie, nachdem die Schiffahrt wegen eines zu hohen Wasserstandes bereits unterbrochen ist, noch erhöht werden können. Dieses geschieht, indem man stark verstrebte Wände aufsetzt. Aufserdem dienen zu diesem Zweck auch die sogenannten Sturmthore, welche ein zweites Thor-Paar bilden, das sich gegen die untern Thore in derselben Art, wie diese gegen die Schlagschwellen lehnt. Fig. 259. *a* und *b* Taf. XXXIV. zeigt diese Anordnung im Grundrifs und Längendurchschnitt. Sie kommt indessen wohl nur bei Seeschleusen vor, woher der Name Sturmthor.

Bei der untern Schleuse eines Canals, welche denselben mit dem Strom verbindet, ist man oft noch zur Anbringung eines dritten Thorpaares gezwungen. Die Strecke unterhalb derselben ist nämlich allen Veränderungen des Wasserstandes ausgesetzt, die im Strom selbst eintreten. Bei kleinem Wasser liegt sie tiefer als die nächst vorhergehende Canalstrecke, bei Anschwellungen tritt sie aber in das Niveau derselben, und steigt zur Zeit des höchsten Wassers sogar noch höher. Die Thore sind alsdann dem Druck von der Seite des gewöhnlichen Unterwassers ausgesetzt, sie öffnen sich und das Oberwasser nimmt das Niveau des Stroms an. Wenn hierbei kein besondrer Nachtheil zu besorgen ist, so wendet man auch keine Maafsregeln dagegen an. Wenn dagegen der höhere Wasserstand für die Umgebungen des Canals nachtheilig werden könnte, was namentlich in eingedeichten Ländereien der Fall ist, so mufs die Schleuse so eingerichtet werden, dafs sie den höhern Wasserstand des Stroms abhält. Man versieht sie alsdann mit einem dritten Thorpaare, welches in entgegengesetzter Richtung aufschlägt. Diese Thore nennt man Fluththore. Dieselben werden gewöhnlich in der Art angeordnet, wie Fig. 260. im Grundrifs zeigt, nämlich so, dafs die beiden Drempel unmittelbar neben einander liegen, und die Wendenischen zu beiden Seiten in dieselben Werkstücke eingeschnitten sind. Man könnte andrerseits auch beide

Thorkammern mit einander verbinden, und die Fluththore zwischen die Ober- und Unterthore legen. Dabei würde noch der Vortheil eintreten, dafs die Länge der Schleuse sich etwas verringert, dagegen blieben alsdann die Unterthore ohne Schutz, und da sie nicht die Höhe der Fluththore haben, würden sie während der Anschwellung ganz unter Wasser bleiben, und bei zufälligen Ereignissen, wie etwa durch Gegenstofsen des Eises, oder wenn sie beim Wellenschlage sich abwechselnd öffnen und schliefsen sollten, starken Beschädigungen ausgesetzt sein. In manchen Fällen darf die Schifffahrt auch während des höhern Wasserstandes im Strom nicht unterbrochen werden, und die Schleuse mufs eben sowol benutzt werden können, wenn der Wasserstand im Strom, als wenn der Wasserstand im Canal der höhre ist. Ein solches Bedürfnifs tritt bei tief liegenden, eingedeichten Niederungen häufig ein, und die Schleusen erhalten alsdann in jedem Haupt zwei Thor-Paare, die in entgegengesetzter Richtung sich öffnen.

Um die Anordnung der Schleusen deutlicher darzustellen, und um zugleich auf die Unterschiede aufmerksam zu machen, welche hierbei vorkommen, theile ich die Grundrisse und Durchschnitte einer Deutschen, einer Englischen und einer Amerikanischen Schleuse mit.

Fig. 261. auf Taf. XXXV. zeigt eine Ruhr-Schleuse, die in neurer Zeit ziemlich übereinstimmend mit den dortigen ältern Schleusen ausgeführt ist. Sie ist ganz massiv, auf Béton gegründet, und der Kammerboden wird durch ein umgekehrtes Gewölbe gebildet. Von den Treppen, welche an den Ruhr-Schleusen üblich sind, ist bereits die Rede gewesen, man bemerkt eine solche in dieser Zeichnnng. Die in Frankreich übliche Anordnung der Schleusen stimmt im Allgemeinen mit dieser überein, doch fehlen dabei die Treppen.

Fig. 262. *a*, *b* und *c* auf Taf. XXXVI. stellt eine Schleuse im Ellesmere-Canale dar, welche bei Gelegenheit der weitern Ausdehnung dieses Canals im Jahr 1805 von Telford erbaut wurde. Die Schleuse ist gleichfalls massiv und stimmt nahe mit allen Englischen Canal-Schleusen überein. In den niedrigen Thoren des Oberhauptes fehlen die Schütze, wogegen Umläufe angebracht sind, welche sich in einem gemeinschaftlichen überwölbten Canal unter dem Oberboden vereinigen und in der Mitte des senkrechten Ab-

fallbodens in die Schleusenkammer treten. In dieser Schleuse haben die Thore gufseiserne Säulen und Riegel, die Telfold auch bei andern und selbst bei den grofsen Schleusen des Caledonischen Canals statt der sonst üblichen hölzernen Verbandstücke angewendet hat. Es ist noch darauf aufmerksam zu machen, dafs die einzelnen Thore nicht Ebnen, vielmehr cylindrische Flächen bilden. In England ist diese Form besonders bei gröfsern Schleusen allgemein üblich, wodurch dem Brechen der Riegel kräftig vorgebeugt wird.

Fig. 263. zeigt den Querschnitt einer gleichfalls von Telford in der Nähe von Beeston-Castle in Cheshire ausgeführten gufseisernen Schleuse. Der Boden besteht hier aus einem so leichten und mit Wasser durchzognen Triebsand, dafs die frühern massiven Schleusen wiederholentlich eingestürzt waren. *) Der in der Figur dargestellte Querschnitt ist durch die Kammer gelegt, und enthält zugleich die Ansicht des Oberbodens. Die ganze Kammer, sowie auch die Häupter sind von unten und von den Seiten durch gufseiserne Platten mit Verstärkungsrippen eingeschlossen. Auf einem leichten Pfahlwerk ruht der ganze Bau, und die Füllung der Schleusenkammer geschieht durch eiserne Röhren, die wieder am untern Theil des senkrechten Abfallbodens ausmünden. Der Abfallboden besteht gleichfalls aus Gufseisen, damit derselbe aber beim Einfahren der Schiffe nicht beschädigt werde, so ist er mit Holz bekleidet.

Fig. 265. *a*, *b*, *c*, *d* und *e* auf Taf. XXXVII. zeigt eine Amerikanische Schleuse, nnd zwar in derjenigen Anordnung, die von Benj. Wright für den James River und Kanawha-Canal in Virginien gewählt ist. Sie hat einen hölzernen Boden und massive Mauern. Auf die Einfachheit des ganzen Baues in Folge des in gleicher Höhe durchgeführten Schleusenbodens ist bereits aufmerksam gemacht. Die Schlagschwellen sind auf diesem Boden nur durch Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 265. *e* zeigt. In Bezug auf Solidität läfst die gewählte Anordnung gewifs Vieles zu wünschen, und ist deshalb wohl nicht als Muster zu empfehlen.

Fig. 266. stellt den Durchschnitt durch die Kammer einer Schleuse des Schuylkill-Canals dar. Die Anordnung des ganzen Baues stimmt mit der eben beschriebnen Schleuse nahe überein,

*) *Life of Telford.* London 1838. Seite 37.

und unterscheidet sich nur durch die Holzverkleidung, welche die Kammermauern und Häupter umgiebt. Selbst die Wendenischen sind hier aus starken Hölzern gebildet, indem man brauchbare Bruchsteine nicht ohne bedeutende Kosten beschaffen konnte.

Das Gefälle einer Schleuse ist augenscheinlich von dem des daneben liegenden Wehrs abhängig. Bei Canalschleusen kann man diesem Gefälle eine beliebige Gröfse geben, indem die Anzahl der Schleusen, auf welche das ganze Gefälle vertheilt wird, innerhalb gewisser Grenzen beliebig angenommen werden darf. Schleusen-Gefälle von 6 bis 8 Fufs sind die gewöhnlichsten, doch bietet die Vergröfserung derselben bis 12 Fufs keine Schwierigkeit, und es giebt mehrfache Beispiele, dafs auch Gefälle bis 18 Fufs ohne Nachtheil gewählt sind.

Bei grofsem Gefälle wendet man gekuppelte Schleusen an, d. h. man legt mehrere Schleusenkammern dicht hinter einander, und trennt dieselben nur durch einzelne Häupter, so dafs jedes Unterhaupt der einen Kammer zugleich Oberhaupt der nächstfolgenden ist. Die Anzahl der Häupter in einer gekuppelten Schleuse ist sonach um Eins gröfser, als die der Kammern, während doppelt so viel Häupter, als Kammern nöthig sind, wenn man die Schleusen getrennt von einander ausführt. Hierauf beruht der Vortheil der gekuppelten Schleusen. Bei ihrem Gebrauch tritt freilich eine gröfsere Wasser-Consumtion ein, aber dasselbe geschieht auch, wenn die einzelnen Schleusen in geringer Entfernung hinter einander liegen und nicht durch ausgedehnte Zwischen-Canäle getrennt sind. Bei Gelegenheit der schiffbaren Canäle wird dieser Umstand näher erörtert werden. Sobald die Lokalität ein sehr starkes Gefälle an einer bestimmten Stelle im Canal bedingt, so thut man wohl, wie dieses alsdann auch immer geschieht, eine gekuppelte Schleuse zu erbauen, wodurch nicht nur die Kosten der Anlage vermindert, sondern auch der Durchgang der Schiffe beschleunigt wird. Die Anzahl der Kammern in den gekuppelten Schleusen ist sehr verschieden. In den meisten Fällen sind es nur zwei, doch kommen auch drei, vier und mehrere vor. Auf zwei sehr wichtigen Canälen giebt es sogar achtfach gekuppelte Schleusen, nämlich auf dem Canal du Midi neben Bézières und auf dem Caledonischen Canal zwischen dem Loch Lochy und Loch Eil. Das Gefälle der letztern beträgt 62 und das der erstern 68 Rheinländische Fufs. Die ge-

kuppelten Schleusen zeigen übrigens in ihrer Anordnung keine Eigenthümlichkeit, welche eine nähere Beschreibung nothwendig macht, und es wäre nur zu erwähnen, dafs am obern Ende jeder einzelnen Kammer ein Abfallboden sich befindet.

Andrerseits hat man aber auch versucht, durch einzelne Schleusen sehr grofse Gefälle zu übersteigen. Dieses geschieht durch die sogenannten Schacht-Schleusen. Das wichtigste Beispiel dafür ist ein Bau, der in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Schweden unternommen wurde. Die Götha-Elv, welche den Abfluſs des Wenern-Sees in die Nordsee bildet, hat ein sehr starkes Gefälle, und der hier besonders feste und harte Granitfels engt sie theilweise übermäſsig ein, und bildet eine Reihe von Wasserstürzen, von denen die bedeutendsten unter dem Namen des Trollhätta-Falls bekannt sind. Die Einrichtung dieser Stromstrecke zum Schiffahrtswege hielt man mit Recht für unmöglich, man entschloſs sich daher zur Anlage eines Seiten-Canals, der den Namen Götha-Canal erhalten hat und im Anfange dieses Jahrhunderts beendigt ist, wiewohl er auch später noch wesentliche Aenderungen erfahren hat. Der Anfang zu diesem Bau wurde indessen schon viel früher gemacht, und zwar nach einem Plan, den Polhem und Elvius entworfen hatten, und der im Jahr 1748 die Genehmigung der Regierung erhielt. Hiernach sollte das ganze Gefälle, welches 117 Schwedische oder 111 Rheinländische Fuſs betrug, nur auf drei Schleusen vertheilt werden, nämlich auf eine von 28 Fuſs, eine zweite, die sogenannte Polhem-Schleuse, von 56 Fuſs und eine dritte von 33 Fuſs Gefälle. Nach manchen Mittheilungen sollte man glauben, dafs dieser Plan vollständig zur Ausführung gekommen wäre, namentlich sagt dieses Hogrewe *). Büsch machte dagegen im Jahre 1780 eine Reise nach Schweden, hauptsächlich um über diesen Canal bestimmte Nachrichten einzuziehn, und aus seinen Mittheilungen **) erfuhr man, dafs unmittelbar nach der Ausführung die zweite Schleuse zusammenbrach, und der Canal überhaupt nicht beendigt war.

Polhem hatte ein eigenthümliches System des Schleusenbaues

*) Beschreibung schiffbarer Kanäle. Hannover 1780.

**) Praktische Darstellung der Bauwissenschaften. Uebersicht des gesammten Wasserbaues. Bd. II. Hamburg 1796. Seite 163.

in Anwendung gebracht. Um nämlich den Unterthoren nicht eine übermäfsige Höhe geben zu dürfen und um sie zugleich vor dem starken Druck sicher zu stellen, machte er sie nur einige zwanzig Fufs hoch und liefs ihre obern Ränder gegen gemauerte Drempel anschlagen, wie dieses auch bei den Entwässerungs-Schleusen oder Sielen, die in Deichen liegen, geschieht. Jede Schleusenkammer bildete also einen Schacht, und der Unter-Canal verwandelte sich in eine unterirdische Canalstrecke. Die erste Schleuse war wirklich fertig geworden. Die zweite, welche Polhem's Namen führte und die bedeutendste war, hatte man gleichfalls beendigt und sogar die Thore eingehängt. Bei der ersten Probe drang indessen das Wasser durch das klüftige Gestein so stark hindurch, dafs die Kammer sich nur langsam füllte, und als dieses endlich nahe erfolgt war, brachen die Thore. Dieser Unfall würde indessen noch nicht das ganze Unternehmen vereitelt, vielmehr nur zur Anwendung gröfsrer Vorsicht Veranlassung gegeben haben, wenn nicht im Jahre 1755 ein andrer Umstand eingetreten wäre, der den ganzen Canalbau unterbrach. Um nämlich diesen Canal oberhalb des stärksten Wasserfalls fortzusetzen, wurde in letzterem, und zwar an der engsten Stelle des Strombetts ein Wehr erbaut, dessen Stau sich über alle oberhalb belegnen Wasserfälle ausdehnen sollte. Büsch bezeichnet diesen Theil des Projekts als den stärksten Mifsgriff. Das Wehr war fertig geworden und hatte einige Zeit hindurch dem Andrange des Stroms widerstanden, als es plötzlich durchbrach, und sogleich vollständig zerstört wurde. Die Regierung war nicht mehr geneigt, auf die neuen Vorschläge von Polhem einzugehn, und das ganze Unternehmen gerieth in Stocken, bis es im Anfang dieses Jahrhunderts nach einem ganz andern Plan, und ohne weitere Benutzung jener Schachtschleusen, zur Ausführung gebracht wurde.

Indem die Wirksamkeit der gewöhnlichen Schiffsschleusen, wie oben angegeben, darauf beruht, dafs die Kammer abwechselnd mit dem Oberwasser in Verbindung gesetzt, und durch dieses gefüllt, alsdann aber wieder bis zum Niveau des Unterwassers abgelassen wird, so folgt hieraus, dafs es an hinreichendem Zufluſs zur Speisung des Oberwassers nicht fehlen darf, damit der beim jedesmaligen Gebrauch der Schleuse eintretende Verlust wieder ersetzt wird. Liegt die Schleuse neben einem schiffbaren Strom, so dafs sie unmittelbar durch das Oberwasser des Wehrs

gespeist wird, so ist gewöhnlich kein Wassermangel zu besorgen. Wenn die Schleuse dagegen zwei Canalstrecken verbindet, von denen die obere nur mäfsige Zuflüsse erhält, die vielleicht während der trocknen Jahreszeit beinahe ganz versiegen, so sinkt das Oberwasser beim jedesmaligen Durchschleusen von Schiffen tiefer herab, und nimmt leicht einen so niedrigen Stand ein, dafs die Schiffe daselbst nicht mehr fahren können. Um diesem Uebelstande zu begegnen, hat man sich mehrfach bemüht, durch andre Anordnung der Schleuse den Wasserverlust zu vermindern, und womöglich ganz zu umgehn. Von diesen Versuchen wird später die Rede sein.

Man kann mittelst der Schütze oder Umläufe der gewöhnlichen Kammerschleusen zwar kleinere Wassermassen aus dem Oberwasser in das Unterwasser leiten, wenn in jenem das Niveau sich zu hoch erheben, oder in diesem zu tief senken sollte. Die Benutzung der Schiffsschleusen als Freiarchen darf aber nicht zu weit ausgedehnt werden, wenn nicht vielleicht durch besondre Verstärkung des ganzen Baues und namentlich des Bodens den Wirkungen des mit Heftigkeit hindurchströmenden Wassers vorgebeugt ist. Man pflegt daher, wenn das Bedürfnifs einer kräftigen Wasserlösung eintritt, und nicht etwa Freiarchen oder ähnliche Anlagen bereits vorhanden sind, solche noch in besondern Seiten-Canälen neben den Schleusen zu erbauen.

Wenn die Schleuse aber auch hinreichend solide ausgeführt ist, um einer starken Strömung längere Zeit hindurch ohne Nachtheil widerstehn zu können, so verbietet dennoch die gewöhnliche Einrichtung der Thore, die Schleuse als Freiarche zu benutzen. Die Thore lassen sich nämlich nur öffnen, wenn der Druck des Wassers dagegen aufgehört hat, oder das Wasser oberhalb und unterhalb derselben beinahe im Niveau steht. Wollte man aber hinreichend kräftige mechanische Vorrichtungen anwenden, um die Thore, eines starken Wasserdrucks ungeachtet, zu öffnen, so würden sie, sobald ihre Stemmung gegen einander und die gleichmäfsige Unterstützung durch die Schlagschwellen und Wendenischen aufhört, zerbrechen, und einer noch gröfsern Gefahr würden sie ausgesetzt sein, wenn man sie, während ein heftiger Strom hindurchgeht, plötzlich schliefsen wollte.

§. 64.
Die Schleusenkammer.

Die Schleusenkammer, aus dem Kammerboden und den Kammerwänden bestehend, stimmt in ihrer Construction ungefähr mit dem Abschufsboden und den zugehörigen Seitenwänden eines Wehrs oder einer Freiarche überein. Ein Unterschied liegt besonders darin, dafs man bei der Schiffsschleuse den Wechsel des Wasserstandes beim jedesmaligen Durchgang eines Schiffes berücksichtigen mufs. Aus diesem Grunde wird die Ausführung der Seitenwände in Holz gemeinhin für bedenklich erachtet, zumal hölzerne Wände auch nicht wasserdicht sind, also bei jedem Füllen und Leeren der Kammer das Wasser in die Hinterfüllungs-Erde hinein- oder heraustritt und im letzten Fall einen Theil derselben fortspült, woher Einsenkungen neben den hölzernen Schleusen häufig vorkommen. Andrerseits darf man nicht voraussetzen, dafs massive Schleusen gar keiner Reparaturen bedürfen. Solche sind nie ganz zu vermeiden, und werden sogar sehr bedeutend, wenn nicht wenigstens die äufsern Flächen der Mauern aus festen und frostbeständigen Steinen bestehn. Der häufige Wechsel zwischen Nässe und Trockenheit greift nämlich die weichen Steine nicht nur an, sondern befördert auch besonders das Ausfrieren derselben. Die Reparaturen an hölzernen Schleusen sind aber insofern, als alle neuen Verbandstücke schon vorher zugerichtet werden können, in kürzerer Zeit auszuführen, und sonach ist die Dauer der Schleusensperre geringer, als wenn massive Schleusen in Stand gesetzt werden müssen. Der Holzbau ist aus diesem Grunde, besonders wenn das Bauholz wohlfeil ist, keineswegs verwerflich.

In Betreff der Anordnung der hölzernen Kammerwände ist zu bemerken, dafs dieselben gewöhnlich eben so weit, wie die Wände der Thorkammern von einander entfernt sind. Man kann nämlich zurücktretende Thornischen im Holzbau nicht leicht darstellen, und deshalb führt man lieber die Seitenwände längs der ganzen Schleuse in einer Flucht durch, und läfst vor dieselben nur die starken Stiele, welche die Wendenischen bilden, vortreten. Von

der Construktion der Häupter wird im Folgenden die Rede sein, hier geschieht dieser Anordnung nur deshalb Erwähnung, weil sie eine Erweiterung der Kammer bedingt. Es entsteht hieraus der Nachtheil, dass eine grössere Wassermasse zum jedesmaligen Füllen der Kammer erforderlich ist, und folglich auch die Zeit des Durchschleusens etwas ausgedehnt wird.

Die gewöhnliche Construktion der Kammerwände stimmt mit der der hölzernen Seitenwände der Wehre (§. 45) nahe überein. Bei den Holländischen Schleusen sind aufgesetzte Wände ganz gewöhnlich. Dieselben bestehn dort häufig aus zwei über einander stehenden Wänden, welche im Niveau des niedrigsten Unterwassers durch einen Rahm oder eine Schwelle von einander getrennt sind. Man erreicht dadurch den Vortheil, dass diejenigen Verbandstücke, welche am meisten leiden, sehr leicht, und ohne dass man die Schleuse trocken legen darf, erneut werden können. Fig. 267 *a* und *b* auf Taf. XXXVIII zeigt diese Anordnung in der Seitenansicht und im Querschnitt. Die Streckbalken, welche den obern Theil des Bodens bilden, sind mit den besonders breiten Schwellen der untern Wände verkämmt. Auf diesen stehn die untern Stiele, und zwar sind sie nicht nur darin verzapft, sondern in ihrer ganzen Stärke einige Zoll tief eingelassen, so dass eine hinreichend feste Brüstung ihr Herausschieben verhindert. Winkelbänder aus krummen Holzstücken, die sich der Form der Schiffe ungefähr anschliessen, stützen jeden einzelnen Stiel. Der Rahm über diesen Stielen ist zugleich die Schwelle der obern Wand, und die Stiele der letztern werden durch Erdanker gehalten.

Die kleinern hölzernen Schleusen in den Niederlanden, welche nur von Böten oder von Lichterfahrzeugen ohne Masten passirt werden, sind häufig durch Wände eingeschlossen, in welchen vor jedem vierten Stiel ein höherer Stiel steht, der mit dem gegenüberstehenden durch einen Spannriegel verbunden ist. Letzterer muss so hoch liegen, dass die Schiffe darunter fortfahren können. Gegen diese höheren Stiele lehnen sich aber zu beiden Seiten der Kammer die Rahme der Schleusenwände, und jede weitere Verankerung ist alsdann entbehrlich. Tilemann von der Horst spricht sogar von solchen Gebinden, aus zwei Pfählen und obern und untern Spannriegeln bestehend, die noch durch Bänder verbunden sind. Dieselben müssen vollständig zusammengesetzt werden, bevor sie

aufgestellt und eingerammt oder mittelst eines angehängten Flosses, in den vorher ausgetieften Grund herabgedrückt werden*).

In Nordamerika, und zwar in solchen Gegenden, wo das Holz beinahe keinen Werth hat, erbaut man hölzerne Schleusenwände auch zuweilen in ähnlicher Art, wie das Wehr bei Shuylkill (§. 44. Fig. 175 auf Taf. XX), indem zwischen die sich durchkreuzenden Balken kleine Steine gepackt werden. Man stellt indessen Stiele davor, gegen welche ein doppelter, möglichst dichter Bohlenbelag genagelt wird**).

Die massiven Kammermauern sind wesentlich nichts Andres als Schälungs-Mauern, es gelten daher für sie dieselben Regeln, welche in §. 3 entwickelt sind. Man muss aber besondre Vorsicht auf die sorgfältige Ausführung der Schleusenmauern verwenden, weil der häufig eintretende bedeutende Wechsel des Wasserstandes den Steinen sehr nachtheilig werden kann. Dazu kommt noch, dass bei einiger Undichtigkeit des Mauerwerks das Wasser auch durch dieses beim jedesmaligen Durchschleusen eines Schiffs in der einen oder andern Richtung hindurchfliesst, und indem die Adern sich leicht erweitern, wird der Zusammenhang der Mauer bedroht.

Die Anwendung eines guten Mörtels, der schnell erhärtet und dauernd fest bleibt, sowie die sorgfältige Ausführung der Maurerarbeit, wobei sowohl die Lager- als Stossfugen vollständig gefüllt werden, ist dringendes Erforderniss. Eben so wichtig ist es aber auch, wenigstens zur Verkleidung dieser Mauern nur solche Steine zu benutzen, die weder erweichen noch ausfrieren. In den Niederlanden sind die meisten Schleusen aus gebrannten Steinen erbaut, es gehört aber eine längere Erfahrung dazu, bevor man über die Brauchbarkeit derselben für diesen Zweck ein sichres Urtheil sich bilden kann, und es fehlt nicht an Beispielen, dass kurze Proben von einigen Wintern keinen Beweis für die hinreichende Festigkeit der Ziegel liefern. Wenn aber die Steine auf grosse Stellen auswittern und abbröckeln, so ist eine solide Reparatur unmöglich, und es bleibt nur übrig, die Mauer neu aufzuführen.

---

*) *Tilemann von der Horst, theatrum machinarum universale. Amsterdam* 1736. *I. Deol. png.* 8.

**) *Malèzieux, travaux publics des états-unis d'Amerique. Paris*, 1873. *pag.* 337.

Die Verkleidung der Mauern mit festen Steinen ist insofern bedenklich, als man besorgen kann, dass die äussere Verblendung sich mehr oder weniger setzen möchte, als die Hintermaurung. Dieses tritt besonders ein, wenn die Höhe der Lagerfugen in beiden Theilen sehr verschieden ist, wie dieses jedesmal geschieht, wenn man eine Mauer aus gebrannten Steinen mit Werkstücken verkleidet. Doch auch in diesem Fall vermindert sich die Besorgniss, wenn guter hydraulischer Mörtel benutzt wird, der beim Erhärten wenig schwindet.

Zuweilen giebt das Quellwasser die nächste Veranlassung zur baldigen Beschädigung der Schleusenmauern. Wenn nämlich die Schleuse auf einem wasserdichten Felsboden oder auf sehr festem Thonboden ausgeführt ist, und die Flügelmauern sich wasserdicht an das höhere Ufer anschliessen, so finden die Quellen und Adern, welche vom Ufer aus in den abgeschlossnen Raum ausmünden keinen Ausweg und das Grundwasser steigt bis zur Höhe der Mauern auf. Es dringt alsdann in diese ein, und sickert hindurch. Ich habe in mehreren Fällen diese Erscheinung wahrgenommen, und oft bemerkt, dass diejenigen Schleusenmauern, welche sich an höhere Ufer lehnen, auffallend stärker angegriffen waren, als die gegenüberliegenden. Man kann diesem Uebelstande leicht begegnen, wenn man hinter solchen Mauern Sickergräben (Theil I, §. 29) anlegt, und dieselben durch Oeffnungen, welche durch die Flügelmauern gebohrt werden, mit dem Unterwasser in Verbindung setzt.

Bruchsteine eignen sich, wenn sie lagerhaft und fest sind, gleichfalls zur Ausführung von Schleusenmauern, auch ist die Verblendung eines solchen Mauerwerks mit Hausteinen zulässig, sobald diese ungefähr gleiche Höhe mit den Bruchsteinschichten haben. Die Regelmässigkeit der sichtbaren Mauerflächen ist indessen ohne wesentlichen Nutzen, und man kann, wenn es auf Kostenersparung ankommt, und nicht etwa die nächsten Umgebungen oder andre äussere Umstände eine besondre Eleganz fordern, der Solidität und Brauchbarkeit unbeschadet, die Mauern der Schleusen, mit Ausnahme der Wendenischen, aus Bruchsteinen ausführen. Es dürfen dabei freilich nicht einzelne Steine oder Ecken derselben vortreten, weil die Schiffe an solchen leicht hängen bleiben, aber wenn man die Mauern gehörig ebnet, so ist es kein Uebelstand, dass die weniger regelmässigen Fugen das Material erkennen lassen, woraus die

Mauer besteht. Die ganze Mauermasse ist in solchem Fall durchaus gleichmässig, woher eine Trennung durch verschiedenartiges Setzen nicht vorkommt. Man darf auch nicht fürchten, dass die Fugen, die allerdings stellenweise sehr stark ausfallen, das Wasser hindurchlassen werden, sobald man sie sorgfältig mit passenden Steinstücken und gutem Mörtel gefüllt hat. In Amerika verkleidet man zuweilen, wie Fig. 266 auf Taf. XXXVII zeigt, selbst trockne Mauern, die ohne Mörtel ausgeführt sind, mit doppeltem Bohlenbelage, der gegen hölzerne Stiele genagelt wird. Dabei werden vergleichungsweise gegen solide Mauern nur etwa 17 Procent der Anlagekosten erspart, und man ist daher in neuster Zeit von dieser Conctructionsart zurückgekommen.

Die grösste Solidität erreicht man ohne Zweifel, wenn die ganze Mauer aus Werkstücken ausgeführt ist, die mit gehöriger Vorsicht und mit Anwendung eines guten Mörtels versetzt sind. Die Kosten sind in diesem Fall sehr bedeutend, doch kann man sie wesentlich ermässigen, wenn man allen Anforderungen entsagt, die nicht ausschliesslich durch die Regeln der Construction begründet werden. Grosse Dimensionen der einzelnen Steine sind hiernach entbehrlich, kleinere Steine lassen sich sogar viel leichter versetzen, und liefern daher bei gleicher Sorgfalt der Ausführung ein bessres Mauerwerk. Die Anforderung, dass alle Schichten gleich hoch sein sollen, ist gleichfalls unbegründet. Es ist nur dahin zu sehn, dass alle Steine in einer Schicht gleiche Höhe haben. Ferner ist die sorgfältige Bearbeitung der innern Steine überflüssig, ihre Höhe muss aber mit der der äussern übereinstimmen, und da letztere eben so wie jene in das Mörtelbette fest eingesetzt werden müssen, so ist es schwierig, diese so genau zu versetzen, dass ihre äussern Flächen ganz scharf in die Flucht der Mauer treffen und regelmässige und feine Fugen zeigen. Es bleibt daher nur übrig, sobald der Mörtel erhärtet ist, die äussere Mauerfläche nachzuarbeiten (§. 4). Hiernach verschwindet jeder Grund, diese äussern Steine schon vor dem Versetzen mit der grössten Sorgfalt zu bearbeiten. Bedingung bleibt es aber, die festesten Steine zur Verkleidung der Mauer zu verwenden. Häufig tritt der Fall ein, dass in demselben Steinbruch nur einzelne Lagen, und namentlich die tieferen frostbeständig sind, während diese nicht gewonnen werden können, ohne dass vorher die obern, weniger dauerhaften, Lagen gebrochen sind.

Alsdann ist es dem Besitzer des Steinbruchs sehr erwünscht, und er stellt die Preise billiger, wenn er die festeren und weicheren Steine zugleich liefern darf. Er kann aber selbst die dünnern Schichten des Steinbruchs benutzen, wenn man keine bedeutende Höhe der Steine fordert, und nur ein gewisses Minimum, etwa von 8 Zoll für die Stärke der Mauerschichten bedingt. Die andern Dimensionen der Steine sind zwar von der Höhe abhängig, doch ist es überflüssig, dafür bestimmte Maasse zu verlangen. Nur in der äussern Fläche muss man angemessene Längen der Steine fordern, um eine gehörige Abwechslung der Stossfugen darstellen zu können.

Die Profile der Kammermauern sind von denselben Bedingungen abhängig, die für die Futtermauern (§. 3) entwickelt sind, der häufig eintretende Wechsel des Wasserstandes erfordert jedoch etwas grössere Stärke der Schleusen-Mauern.

Zwischen den Grenzen des obern und untern Wasserstandes und über denselben dürfen die Mauern in der der Kammer zugekehrten Seitenfläche keine Böschung erhalten, wenn die Breite der Kammer schon so weit beschränkt ist, als die durchgehenden Schiffe gestatten. Bei Anbringung einer solchen Böschung würde die Breite entweder überflüssig vergrössert, oder zum Nachtheil der Schiffahrt beschränkt werden. Auch unter dem Unterwasser führt man die Mauer gemeinhin lothrecht auf, giebt ihnen also an der Seite, welche der Kammer zugekehrt ist, keine Böschung. Dieses geschieht wenigstens, wenn die Schiffe entweder keine bedeutende Einsenkung haben, oder die Form ihres Querschnitts sich einem Rechteck nähert, was bei Fluss- und Canalschiffen mehr oder weniger der Fall ist. In den Schleusen, die auf Taf. XXXV und XXXVI dargestellt sind, sieht man diese Anordnung, und eben so auch Fig. 268, 269 und 271 auf Taf. XXXVIII. In den Amerikanischen Canalschleusen sind dagegen die Mauern meist im Verhältniss von 1 : 10 geneigt (Fig. 265).

Dockschleusen und andre Hafenschleusen, welche von Schiffen passirt werden, die auf den Kiel gebaut, und wenn auch nicht besonders scharf, doch jedesmal mit abgerundetem Boden versehn sind, dürfen die Kammermauern unbedenklich in den untern Theilen in die Kammer vortreten, wodurch ihre Stabilität wesentlich gewinnt. Der Umstand, dass die Lager-Fugen normal gegen die Krümmung, also aufwärts gekehrt sind, ist in diesem Fall ohne Nachtheil, da

der untre Theil der Mauer beständig unter Wasser bleibt. Diese Anordnung hat man fast bei allen neuern Schleusen in England gewählt, die für den Durchgang der Seeschiffe bestimmt sind. Telford baute in dieser Weise die Schleusen des Caledonischen Canals. Fig. 270 zeigt den Querschnitt der später ausgeführten Schleuse bei Meyton-Gate im neuen Hafen zu Kingston-upon-Hull. Die Krümmung des untern Theils der Mauer setzt sich in der Wölbung des Bodens durch die ganze Breite der Schleusenkammer fort*). Die Mauern sind aus Ziegeln aufgeführt, in den obern Theilen jedoch mit Werkstücken verkleidet.

Ganz im Gegensatz zu der vorstehend angegebenen Profilirung der Kammermauern geschieht es zuweilen, dass man bei Reparatur derselben, um einige Kosten zu sparen, sie bis zur Höhe des Unterwassers abbricht und dafür gepflasterte Böschungen anbringt. An den Saal-Schleusen im Merseburger Bezirk war dieses verschiedentlich vorgekommen. Die zum Bau der Mauern verwendeten Steine waren keineswegs besonders fest, auch der Mörtel hatte im Laufe der Zeit seine Bindekraft verloren. Als die Mauern nicht mehr haltbar waren, entschloss man sich, sie nur bis zum Unterwasser neu aufzuführen, oder auch wohl nur auszubessern, und von hier ab den Seitenboden ein oder ein und ein Viertel füssig abzuböschen und mit dem aus dem Abbruch gewonnenen Stein-Material abzuflastern. Die Kammer wurde auf diese Weise im obern Theile sehr erweitert. Der dadurch veranlasste Mehrbedarf an Wasser zum Füllen der Schleuse durfte unbeachtet bleiben, da die Saale hinreichendes Wasser führte, dagegen wurde die Zeit der Füllung und Entleerung der Kammer ansehnlich verlängert, auch der Verkehr unmittelbar neben den in der Schleuse liegenden Schiffen in nachtheiliger Weise erschwert, der grösste Uebelstand zeigte sich aber darin, dass die in die gefüllte Kammer eingefahrnen Schiffe beim Ablassen des Wassers aller Vorsicht unerachtet sich leicht auf die Dossirung aufsetzten. Geschah dieses, so müssten schleunigst die Schütze in den Unterthoren geschlossen und die der Oberthore wieder geöffnet werden, um das Schiff möglichst bald zu heben. Dieses war um so dringender, als hier nur beladne Schiffe herabgehn. Man sah sich daher bald gezwungen, hölzerne

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I.*

Wände auf die Ränder der Mauern aufzustellen, um die Schiffe sicher in den untern engen Theil der Kammer herabzuführen. Bereits seit längerer Zeit ist man bemüht, diese verfehlte Anordnung wieder zu beseitigen.

Gewöhnlich werden die Kammermauern nicht mit Strebepfeilern versehn, man giebt ihnen vielmehr solche Profile, dass sie überall hinreichende Stabilität haben. Auch in Frankreich und in den Niederlanden geschieht dieses in neuerer Zeit, in England dagegen werden die Schleusenmauern fast jedesmal durch Strebepfeiler verstärkt, wie man bei der kleinen Kanalschleuse Fig. 262, und eben so auch an der Schleuse in Hull, Fig. 270, bemerkt. Die Mauern der letztern sind bei einer Höhe von 25 Fuss oben 7 Fuss stark, und werden durch Pfeiler von quadratischem Querschnitt von 5 Fuss 3 Zoll Seite unterstützt, die in Abständen von 12 Fuss von Mitte zu Mitte aufgeführt sind.

Bei dem häufigen Betreten der Kammermauern, und besonders da auch Ketten oder Taue beim jedesmaligen Durchgehn eines Schiffs aufgebracht und darüber gezogen werden, ist es nöthig, eine Abdeckung mit besonders festen und hinreichend starken Deckplatten anzubringen. Man bemerkt dieselben in allen mitgetheilten Profilen und Grundrissen der massiven Kammermauern.

Der Kammerboden besteht entweder aus Holz, oder er ist massiv, und zwar werden hölzerne Böden nicht selten auch bei massiven Schleusen angewendet.

Gewöhnlich bemüht man sich, den Kammerboden möglichst wasserdicht zu machen. Diese Absicht rechtfertigt sich dadurch, dass entgegengesetzten Falls bei dem wechselnden Wasserstande in der Kammer ein Durchquellen nach der einen und der andern Seite leicht eintreten kann, welches wieder ein Ausspülen der Erde unter der Schleuse und zur Seite derselben, auch wohl grössere Uebelstände besorgen lässt. Dagegen kann das nachtheilige Durchquellen des Wassers vom Oberwasser bis zum Unterwasser durch die Wasserdichtigkeit dieses Bodens nicht verhindert werden.

Wenn ein solches Durchquellen nur unter dem Oberhaupt, nicht aber unter dem Unterhaupt Statt findet, und der Kammerboden wasserdicht ist, so wird dieser einem aufwärts gerichteten Druck ausgesetzt sein, welcher der Höhe des Oberwassers entspricht. Es findet dabei freilich ein Gegendruck statt, der sich aus dem

Wasserstande in der Schleusenkammer und aus dem Gewicht des Kammerbodens zusammensetzt, nichts desto weniger kann der erste Druck bei starkem Gefälle und sonstigen grossen Dimensionen der Schleuse, sobald die Kammer entleert ist, so beträchtlich werden, dass ein schwacher Boden gehoben und gebrochen wird. Dieser Gefahr begegnet man zuweilen dadurch, dass man den Boden absichtlich nicht wasserdicht macht, und es wird sogar von einigen Baumeistern empfohlen, die Fugen zwischen den Bohlen des Bodens nicht zu dichten*). Die zuerst erwähnten Uebelstände eines undichten Bodens sind indessen wohl vorzugsweise zu berücksichtigen, und es ist daher angemessner, für die möglichste Wasserdichtigkeit des Schleusenbodens und zugleich für die gehörige Festigkeit desselben zu sorgen. Die Englischen und Französischen Baumeister sind auch stets bemüht dieses zu erreichen, und in den Niederlanden, wo hölzerne Schleusenböden beinahe ausschliesslich vorkommen, wendet man die grösste Vorsicht an, um sie so wasserdicht und zugleich so fest als möglich zu machen. Dabei ist zu erwähnen, dass man bei den ältern Schleusen hiesiger Gegend den nicht gedichteten Boden auch an beiden Seiten vor den Kammermauern mit starken Spundwänden zu umgeben pflegte.

Die massiven Kammerböden sichert man gegen den aufwärts gerichteten Druck, indem man sie mit verkehrten Gewölben bedeckt. Ein solches muss aber, wenn es seinen Zweck erfüllen soll, mit hinreichend starken Widerlagern versehn sein, oder in die Kammermauern eingreifen und sich vollständig gegen diese stützen. Hieraus ergiebt sich die Regel, dass man zuerst das Gewölbe ausführt, und zwar beginnt man in dessen Mitte, oder mit dem Versetzen derjenigen Schicht, welche die Schlusssteine enthält. Die nächsten Schichten werden zu beiden Seiten gleichmässig dagegen gemauert und man sorgt dafür, dass sie immer in festen und geschlossnen Lagerfugen sich berühren. Die letzten Schichten dürfen zwar nicht mit ihren obern Flächen in die Kammermauern treten, weil sie in diesem Fall den Verband derselben unterbrechen würden, aber die Lagerfugen, welche die Bogen begrenzen, müssen vollständig in diesen Mauern liegen, wie Fig. 262 *c* und Fig. 271

*) Eytelwein, praktische Anweisung zur Wasserbaukunst. IV. Heft. Berlin 1808. Seite 52.

zeigen. Man darf hiernach die Kammermauern vor der Beendigung des Bodens nur bis zur Höhe der äussern oder untern Fläche dieses verkehrten Bogens aufführen, und erst nachdem dieser vollendet ist, wird die horizontale Steinschicht, welche den Bogen begrenzt, scharf schliessend dagegen gesetzt. Die hierauf ruhende Mauer wirkt alsdann in derselben Art, wie sonst das Widerlager.

Bei der in Fig. 262 dargestellten Canalschleuse liegt das aus Werkstücken aufgeführte Gewölbe, ohne Untermaurung, unmittelbar auf dem Thonschlag, und dieser ist zuvor nach der cylindrischen Form abgeglichen, so dass er den Lehrbogen bildet, auf dem man das Gewölbe aufmauert. Die Construktionsart ist bei kleinen Canalschleusen in England nicht ungewöhnlich, auch rechtfertigt sie sich bei mässigen Dimensionen der Schleusen, wenn der Untergrund aus einem festen und wasserdichten Klaiboden besteht. Dagegen ist es für grosse Schleusen und bei ungünstigem Baugrunde nothwendig, die künstliche Fundirung auch unter dem verkehrten Gewölbe fortzusetzen, wie Fig. 261 *d* zeigt. Unter demselben befindet sich in diesem Fall nicht nur ein 3 Fuss starkes Béton-Bette, sondern dieses ist auch in der Mitte $1\frac{1}{2}$ und an den Seiten 2 Fuss hoch übermauert. Bei den Schleusen des Marne-Rhein-Canals, die grossentheils auf festem Kiess gebaut sind, ist die Untermaurung aus Bruchsteinen in der Mitte des Kammerbodens 2 Fuss 4 Zoll stark. Das darauf ruhende Gewölbe besteht aus roh bearbeiteten Hausteinen von 11 Zoll Höhe. Letzteres lehnt sich gegen eine vor die Mauern vortretende Werksteinschicht. Fig. 271 zeigt den Querschnitt durch die Kammer dieser Schleuse mit der Ansicht des senkrechten Abfallbodens. Bei grössern Schleusen muss man dem massiven Kammerboden eine viel bedeutendere Stärke geben, die zuweilen 6 bis 7 Fuss beträgt.

Die bereits erwähnte Schleuse in Hull (Fig. 270), auf einem Pfahlrost fundirt, hat einen gewölbten Boden, der in der Mitte der Kammer unmittelbar auf dem Rost aufliegt. Das Gewölbe aus Ziegeln in Puzzolan-Mörtel ausgeführt, ist 2 Fuss 3 Zoll stark, und besteht, wie in England üblich, aus drei concentrischen Bogen. Der Rost dieser Schleuse ruht auf Pfählen, die in beiden Richtungen und zwar eben sowohl unter den Mauern, wie unter dem Kammerboden im Abstande von 5 Fuss von Mitte zu Mitte eingerammt sind. Rostschwellen, nach der Länge der Schleuse gestreckt,

verbinden die Pfähle reihenweise unter einander. Der Grund ist bis 1 Fuss tief unter diesen Schwellen ausgebaggert, und bis zur Oberfläche der Schwellen in Bruchsteinen und Mörtel ausgemauert. Die Grundbalken eben so, wie die Schwellen bestehn aus Kiefernholz. Sie sind 12 Zoll breit, aber nur 6 Zoll hoch und liegen so nahe neben einander, dass die lichten Zwischenräume nur 12 Zoll weit sind. Letztere sind mit Ziegeln sorgfältig ausgemauert, und in den Häuptern noch mit einer zusammenhängenden Lage getheerten Filzes überdeckt. Der Bohlenbelag, aus 6-zölligen Ellern-Bohlen bestehend trägt das Mauerwerk.

Wenn der Vortheil dieser verkehrten Gewölbe namentlich bei weiten Schleusen auch unbedingt anzuerkennen ist, sobald sie hinreichende Stärke und angemessne Pfeilhöhe haben, so darf man sich davon doch keinen Erfolg versprechen, wenn sie etwa nur einen halben Stein stark und dabei sehr flach sind. Letzteres ist bei Fluss- und Canal-Schleusen gewöhnlich der Fall, da die hier passirenden Schiffe nur ebene Böden haben und man zur Vermeidung tiefer Fundirungen die Schleusenböden an den Seiten nicht zu weit heben mag. Solche Wölbungen widerstehn nur wenig dem aufwärts gerichteten Druck, und da der Verband mit dem darunter befindlichen Mauerwerk fehlt, so ist es sogar zweifelhaft, ob man nicht den Boden verstärken würde, wenn man ihn statt der Gewölbe bis zur gleichen Höhe horizontal übermauerte. Dazu kommt noch, dass wegen des fehlenden Verbandes unter solchem Gewölbe leicht Wasseradern sich hindurchziehn, die während die Schleuse noch leer ist, stellenweise das Gewölbe heben. In zwei verschiedenen Fällen habe ich diese Erscheinung bemerkt. In einem derselben ergab sich beim Aufbrechen der schadhaften Stelle, dass das Bétonbette darunter ganz unversehrt und wasserdicht war, und das Wasser nur zwischen diesem und dem Gewölbe hinzudrang. Letzteres hatte also seinen Zweck verfehlt, und eine schwache Uebermaurung in horizontalen Schichten würde vortheilhafter gewesen sein.

Zuweilen, und selbst bei massiven Schleusen haben die Kammern nur hölzerne Böden. Dieselben werden jedoch sehr verschiedenartig construirt, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Bei der in Fig. 265 dargestellten Amerikanischen Schleuse im James River und Kanawha Canal ist ein liegender Rost ge-

wählt. Seine Anordnung erscheint insofern nicht zweckmässig, als zwei Spundwände darunter stehn, von denen man annehmen muss, dass sie fest eingerammt sind, und sonach für die darauf lastenden Theile ein Setzen verhindern, während der übrige Bau den natürlichen Boden wahrscheinlich etwas comprimirt. Die Schwellen des Rostes, aus Kiefernholz bestehend, und 12 Zoll im Gevierten stark, erstrecken sich durch die ganze Breite der Schleuse, und zwar bis unter die Kammermauern. Der lichte Zwischenraum zwischen den Schwellen beträgt 6 Zoll. Unter den Schlagschwellen liegen sie aber unmittelbar neben einander. Sie sind nur auf den natürlichen Boden gebettet, der deshalb vorher horizontal geebnet ist. Der Raum zwischen je zwei Schwellen ist mit Puddle, oder einem Gemenge von Thon und Steinschlag ausgefüllt. Darüber ist ein 2½ Zoll starker Bohlenbelag mit 9-zölligen eisernen Nägeln genagelt. Derselbe trägt die Kammermauern, während er im Kammerboden noch mit einem 2 Zoll starken Belag überdeckt ist, der wieder mit eben so langen Nägeln auf die Schwellen genagelt ist. Die Fugen der beiden Beläge überdecken sich gegenseitig, und die obern Bohlen sind möglichst scharf zusammengetrieben, und schliessen sich auch an die Mauern scharf an*)

Dieselbe Constructions-Art ist auch gegenwärtig in Amerika noch üblich. Nach der Länge der Schleuse werden selten einige Balken als Unterlage gestreckt, die Querschwellen reichen bis unter die Mauern und darauf liegt der 2 Zoll starke dicht schliessende Bohlenbelag. Zwischen den Mauern wird derselbe noch von einem zweiten eben so starken Bohlenbelage überdeckt, dessen Fugen jedoch nicht auf die des untern treffen, Um das Durchquellen des Wassers unter dem Rost zu verhindern, sichert man denselben durch zwei bis drei Querspundwände, gegen welche zäher Thon gestampft wird. Dieses geschieht fast überall, wo nicht ein dichter Felsboden unmittelbar den Schleusenboden bildet**).

Eigenthümlich ist die am Long-Sault Canal angewendete Construction des Schleusenbodens. Dieser Canal wird von den grossen

---

*) *Reports, sepcifications and estimates of public works in the United States of Amerika.* London 1841. *pag.* 135.

**) *Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amérique.* Paris 1873. *pag.* 337.

Dampfschiffen benutzt, welche den St. Lorenz-Strom befahren, indem er die Wasserfälle des Letztern unterhalb des Erie-Sees umgeht. Die Schleusen sind 55 Fuss Rheinländisch weit. Da jedoch diese Weite in der Nähe des Kammerbodens nicht erforderlich war, so sind die Kammermauern im untern Theile so stark geböscht, dass der Boden nur auf 41 Fuss frei liegt. Auch hier hat man den liegenden Rost angewendet. Die Rostbalken sind aber nicht durch die ganze Breite der Schleuse gelegt, sondern aus je vier Stücken zusammengesetzt. Die beiden äussern Stücke liegen horizontal unter den Mauern, von diesen ausgehend senken sich aber die innern Balken in der Mittellinie der Schleuse 3 Fuss tief und stemmen hier gegen einander, um dem von unten wirkenden Wasserdruck den nöthigen Widerstand leisten zu können. Diese auf solche Art zusammengesetzten Balken liegen 2 Fuss weit auseinander und bestehn aus hochkantig verlegten Halbhölzern. Sie ruhn auf fünf Langschwellen, von denen drei die betreffenden Stösse tragen, zwei aber die schrägen Stücke in der Mitte unterstützen. Um die Spannung möglichst zu verstärken, sind eichene Keile in die Stösse getrieben. Die Rostbalken tragen den doppelten Bohlenbelag, derselbe bildet also eine flach dossirte Rinne. Diese ist aber wieder mit einem festen Thonschlag ausgefüllt, der sich bis zur Oberfläche einer zweiten Balkenlage erhebt, die horizontal von einer Mauer bis zur andern reicht. In den Häuptern der Schleuse und namentlich in den Thorkammern, die 60 Fuss weit sind, ist eine ähnliche jedoch noch complicirtere Construction gewählt*).

Die bei uns übliche Construction der hölzernen Schleusenböden zeigt Fig. 268 auf Taf. XXXVIII. Der Pfahlrost trägt die beiderseitigen Mauern und bildet dazwischen den Kammerboden. Die Pfähle stehn sowol nach der Länge, wie nach der Breite der Schleuse in geraden Reihen. Die Entfernung der Quer-Reihen von einander beträgt gewöhnlich 4 Fuss von Mitte zu Mitte, dieder Längenreihen ist dagegen unter dem Kammerboden grösser, als unter den Mauern. Das Gewicht und die Breite der Mauern bedingt diese Entfernung, während die Reihen unter dem Boden etwa 5 Fuss von Mitte zu Mitte abstehn. Spundwände pflegt man in neuerer Zeit unter

*) *Michel Chevalier histoire et description des vois de communication aux États Unis. Vol. II. pag.* 300.

den Kammern nicht anzubringen, während früher der Rost der Mauern auf der innern Seite, also gegen den Kammerboden durch Spundwände eingeschlossen wurde. Die schwachen Spundwände auf den äussern Seiten der Wände dienen vorzugsweise nur zur Mässigung des Quellwassers während des Baues. Die Pfähle unter den Mauern werden durch Rostschwellen mit einander verbunden, die also wie gewöhnlich in der Richtung der Mauer liegen. Die Zangen des Rostes sind zugleich die Grundbalken des Kammerbodens. Sie überschneiden die Rostschwellen so tief, dass sie nur um die Stärke der Rostbohlen darüber vorragen, und sind unter dem Kammerboden auf alle Pfähle aufgezapft. Die Pfähle sind zu diesem Zweck mit starken Zapfen versehn, die durch die Grundbalken hindurch reichen. Nachdem letztere aufgebracht sind, wird jeder Zapfen durch zwei von oben eingeschlagene sich kreuzende Holzkeile aufgespalten und in beiden Richtungen fest angetrieben, so dass ein Abheben des Grundbalkens nicht erfolgen kann. Man pflegt auch wohl das Zapfenloch an der obern Seite etwas zu erweitern, damit die Zapfen beim Auseinandertreiben die pyramidale Gestalt annehmen, und die Grundbalken um so sicherer halten. Zuweilen werden die Pfähle auch so versetzt, dass sie abwechselnd auf der einen und der andern Seite der Grundbalken etwas vortreten. Die Balken werden alsdann von Blattzapfen eingeschlossen und mit diesen durch Bolzen verbunden. Es ist nicht in Abrede zu stellen, dass unter einem undichten Schleusenboden, wo also ein Durchquellen des Wassers bald in der einen und bald in der andern Richtung besorgt werden muss, die aufgespaltenen und umgebogenen, also schon stark beschädigten Zapfen wenig Haltbarkeit für die Dauer versprechen, woher die Blattzapfen wohl den Vorzug verdienen.

Zwischen den Pfählen heht man etwa 2 Fuss tief den Grund aus, und bringt statt dessen einen festen Thonschlag ein, der sowol unter den Mauern, als unter dem Kammerboden bis zur untern Fläche des Bohlenbelags fortgesetzt, und hier horizontal ausgeglichen wird. Der Bohlenbelag unter den Mauern, der also den Belag des Rostes bildet, liegt indessen tiefer, als derjenige der den Kammerboden bedeckt. Jener wird nämlich zwischen die Zangen oder Grundbalken gelegt und bildet mit den obern Flächen derselben eine Ebne, dieser dagegen liegt auf den Grundbalken, wie

die Figur zeigt. Derselbe besteht gewöhnlich aus 4-zölligen Bohlen, die entweder stumpf oder auch wol mit halber Spundung zusammenstossen, deren Dichtung aber, wie bereits erwähnt, absichtlich unterlassen wird. Dass die Stösse immer in die Mitte der Grundbalken, jedoch nicht in zu grosser Anzahl auf denselben Grundbalken treffen müssen, bedarf kaum der Erwähnung, es gilt aber auch hier die bei Gelegenheit der hölzernen Wehre gegebene Regel, die Stösse nicht einzeln, sondern gruppenweise abwechseln zu lassen, damit man nicht gezwungen ist, allen Bohlen eine gleiche Breite zu geben. Die Bohlen werden neben den Stössen mit eisernen, auf den zwischen liegenden Balken aber mit hölzernen Nägeln befestigt. Zuweilen steckt man in jeden hölzernen Nagel und zwar in das untere Ende desselben noch einen hölzernen Keil, der, sobald er den Boden des Bohrlochs berührt, den Nagel spaltet und und dessen beide Hälften festklemmt, während er tiefer in den Nagel eindringt. Eine solche künstliche Verbindung, die leicht missglückt und in diesem Falle sogar nachtheilig wirkt, die aber, nachdem sie ausgeführt worden, nicht untersucht werden kann, ist um so bedenklicher, wenn sie sich vielfach wiederholt und daher den gewöhnlichen Zimmerleuten anvertraut werden muss. Vortheilhafter ist es ohne Zweifel, den festen Schluss auf andre Art herbeizuführen, und hierzu bietet sich in der Benutzung des künstlich getrockneten Holzes ein einfaches und sicheres Mittel. Die Nägel werden nämlich aus solchem Holze ausgeschnitten, und bis zur Verwendung in trocknen Räumen aufbewahrt. Ob die Nägel und die Bohrer, womit die Nagellöcher gebohrt werden, die angemessene Stärke haben, ist leicht zu prüfen, der Nagel muss aber, wenn er noch trocken ist, schon so fest schliessen, dass er nur mittelst starker Schläge eingetrieben werden kann. Wenn er alsdann die Feuchtigkeit der Grundes anzieht, und beim Quellen sich ausdehnt, so schliesst er so fest, dass ein späteres Ausziehn desselben nicht besorgt werden kann.

In den Niederlanden bemüht man sich stets die hölzernen Kammerböden möglichst wasserdicht zu machen, zugleich aber auch sie gegen den aufwärts gerichteten Druck des darunter befindlichen Wassers zu sichern.

Das Gewicht der auf demselben Boden ruhenden Kammermauern ist namentlich bei weiten Schleusen für diesen Zweck nicht

genügend, und man muss daher, wie auch bei uns geschieht, hierzu die Pfähle mit benutzen. Diese stellt man deshalb unter dem Boden eben so nahe an einander, wie die Rostpfähle unter den Mauern. Dieses rechtfertigt sich dadurch, dass mit der Höhe und dem Gewicht der Mauern auch die Breite des Bodens, und zugleich der Druck, dem derselbe möglicher Weise ausgesetzt ist, zuzunehmen pflegt. Selbst bei den Schleusen im Nordholländischen Canal, wo die Mauern ungefähr 28 Fuss hoch sind, stehn die Rostpfähle unter diesen eben so weit von einander entfernt, wie die Grundpfähle unter dem Kammerboden, nämlich in beiden Richtungen 3 Fuss von Mitte zu Mitte. Ausserdem sichert man die Pfähle unter dem Kammerboden gegen das Heben häufig noch dadurch, dass man sie, wenn sie aus Rundholz bestehn, verkehrt, also mit dem Stammende nach unten einrammt (Theil I §. 37).

Die Pfähle der einzelnen Reihen werden jederzeit durch Schwellen (Kaspen) verbunden, die normal gegen die Achse der Schleuse gerichtet sind und gewöhnlich etwa noch einen Fuss weit vor die äussere Fläche der Kammermauern vortreten. Die Pfähle sind in der Mittellinie jeder Schwelle mit möglichst breiten und 2½ Zoll starken Zapfen versehn, die bis über die Oberfläche der Schwellen reichen. Die Zapfenlöcher erweitern sich keilförmig nach oben, und nachdem die Schwellen verlegt sind, werden in jeden Zapfen zwei Keile eingetrieben (Fig. 272). Dieses Verfahren stimmt sonach mit dem bei uns üblichen nahe überein, es rechtfertigt sich auch in diesem Falle, insofern unter dem wasserdichten Boden die gespaltenen Zapfen nicht vom fliessenden Wasser berührt werden. Wenn die Länge der Balken, die man zu diesen Schwellen benutzt, nicht ausreicht, so werden die Stösse durch lange sich überdeckende Blätter gebildet, wie gleichfalls Fig. 272 zeigt. Jedes Blatt trifft in der Mitte auf einen Pfahl, dessen Zapfen also die Verbindung beider Blätter darstellt. Ausserdem werden jedoch mehrere hölzerne Nägel oder auch wohl gehakte (mit Widerhaken versehene) eiserne Bolzen zur vollständigern Verbindung benutzt. Soviel geschehn kann, legt man diese Stösse unter die Mauern, und sorgt dass sie möglichst abwechseln.

Bei grössern Schleuen und beinahe jedesmal wenn die Kammern massive Mauern haben, legt man über die erwähnten Schwellen oder Grundbalken noch Langschwellen (Sandstraken), die also

die Stelle der Zangen vertreten. Dieselben fehlen unter den Mauern niemals, wenn sie auch bei kleinen Schleusen im Kammerboden nicht vorkommen. In den Ueberkreuzungen sind sie nur wenig eingeschniten, und ragen daher über den Bohlenbelag, der unmittelbar auf den Querschwellen angebracht ist, etwa 4 Zoll vor. Sie verhindern sonach das Durchdringen einzelner Wasseradern durch die Fuge zwischen dem Mauerwerk und dem Rost, wenigstens wird die Bildung solcher Adern durch sie sehr erschwert, weil jede Schwelle die Ader unterbricht. Ausserdem geht man in Holland auch von der Ansicht aus, dass die vortretenden Schwellen eine mögliche Verschiebung der Mauer in Folge des Erddrucks verhüten sollen.

Die Langschwellen müssen, wenn sie unter dem Kammerboden angebracht sind und den Bohlenbelag tragen, ebenso wie die Querschwellen in innige Verbindung mit den Pfählen gesetzt werden. Zu diesem Zweck wendet man verschiedene Mittel an. Wenn die Besorgniss des Abhebens nicht besonders gross ist, verbindet man die beiden Schwelllagen nur durch lange und starke eiserne Bolzen, die mit Widerhaken versehn sind, zuweilen begnügt man sich sogar mit hölzernen Nägeln, die jedoch etwas schräge und zwar zwei in jeder Durchkreuzung eingetrieben werden. In Fällen, die mehr Vorsicht erfordern, stellt man die Pfähle in den einzelnen Reihen weiter auseinander und bringt dafür noch Zwischenreihen von Pfählen an. Man streckt alsdann die Schwellen nur über jede zweite Pfahlreihe, und diejenigen Pfähle, welche auf diese Art nicht getroffen werden, dienen zum Befestigen der Langschwellen. Fig. 275 zeigt diese Anordnung.

Bei den Schleusen des Nordholländischen Canals wurden die Quer- und Langschwellen so verlegt, dass jede Durchkreuzung derselben auf einen Pfahl traf. Die Pfähle wurden mit Zapfen von quadratischem Querschnitt und zwar in jeder Seite 3 Zoll breit versehn. Die Länge derselben betrug nahe 2 Fuss, sie reichten daher durch beide Schwelllagen hindurch und wurden, nachdem diese aufgebracht waren, jedesmal durch einen Keil auseinander getrieben, so dass sie die am obern Ende etwas erweiterten Zapfenlöcher der obern Lage vollständig füllten.

Bis zur Höhe derjenigen Schwellen, welche den ersten Bohlenbelag tragen, wird der Raum jedesmal mit einem sorgfältig ange-

stampften Thonschlage ausgefüllt. Hierüber nagelt man den ersten Belag aus 3- bis 4-zölligen Bohlen bestehend, und zwar wird derselbe wasserdicht aufgebracht. Zu diesem Zweck werden die gesäumten Bohlen vor dem Annageln recht scharf gegen einander getrieben, und damit sie genau schliessen, pflegt man sie an den Seiten etwas zu schmiegen, so dass sie sich nur mit den untern Rändern berühren, wie Fig. 273 zeigt. Den dichten Schluss giebt man den Bohlen, indem man vor jeder einzelnen derselben eiserne Klammern in den Schwellen einschlägt und durch vorgetriebene Keile sie scharf gegen die bereits festgenagelte Bohle treibt. Fig. 273 deutet diese Vorkehrung an. Alsdann erfolgt das Nageln und zwar theils mit eisernen und theils mit hölzernen Nägeln.

Die aufwärts etwas $\frac{1}{8}$ Zoll geöffneten Fugen werden in gleicher Weise gedichtet, wie die äussere Bohlenverkleidung der Schiffe. Mit einem breiten stumpfen Eisen treibt man lockere Zöpfe von Werg*) möglichst fest hinein, und zwar so tief, dass die Fugen noch etwa $\frac{1}{8}$ Zoll hoch frei bleiben. Dieser übrigbleibende Raum wird alsdann mit heissem Pech ausgegossen, und nach dem Erhärten wird letzterer, soweit er über den Bohlenbelag vorsteht, abgekratzt. Man nennt diese ganze Operation kalfatern. Kommen in einzelnen Planken Windrisse oder andre undichte Stellen vor, so werden diese in derselben Art, wie die Fugen behandelt.

Man begnügt sich indessen nicht damit, die Fugen in dieser Weise zu dichten, vielmehr begegnet man auch noch der Bildung von Wasseradern nach der Längenrichtung der Fugen dadurch, dass man hin und wieder, wie Fig. 273 *b* zeigt, hölzerne Nägel hineintreibt, und zwar geschieht dieses unmittelbar nach dem Aufnageln der Bohlen, also vor dem Kalfatern.

Auf den Bohlenbelag werden in den meisten Fällen noch Streckbalken (Schwalpen) gelegt und zwar jedesmal in der Art, dass sie genau über diejenigen Schwellen treffen, welche den Belag tragen, wie Fig. 267 und 269 zeigen. Auch diese Balkenlage muss mit den Pfählen verbunden werden, damit sie nicht durch den Wasserdruck abgehoben wird. Eine unmittelbare Verbindung mit den Pfählen ist hierbei nicht mehr ausführbar, und die Balken wer-

*) Werg nennt man die lockere Masse, welche man durch das Aufdrehen und Auseinanderziehn alter Taue gewinnt.

den daher an die erwähnten nächsten Schwellen, die deshalb genau darunter liegen müssen, verdübelt oder verbolzt. Fig. 274 zeigt diejenigen Verbindungsarten, die am meisten üblich sind, nämlich den gehakten Bolzen, den man nur durch den obern Balken in den untern treibt, der keiner Erklärung bedarf. Ferner den schwalbenschwanzförmigen Dübel aus Eichenholz, das Schlüsselstück genannt. Dasselbe würde nicht einzusetzen sein, wenn man es nicht der Breite nach zerschnitten hätte. Die beiden Theile werden einer nach dem andern eingeschoben, und hierauf durch einen wenig zugeschärften genau passenden Keil auseinander getrieben, wodurch sie eine sichre Verbindung darstellen sollen. Endlich eiserne Schraubenbolzen. Bei den Schleusen am Nordholländischen Canal hatte man letztere gewählt. Sie wurden vor dem Verlegen der Langschwellen in dieselben schon eingeschoben, und der viereckige Kopf war in die untere Fläche des Holzes versenkt, um das Drehn des Bolzens beim spätern Anziehn der Schraubenmutter zu verhindern.

Die Felder zwischen den obern Balken werden demnächst sorgfältig mit Klinkern in Trassmörtel ausgemauert. Die Kammermauern setzen sich unmittelbar darüber fort, der Kammerboden erhält aber noch einen zweiten Bohlenbelag, der gleichfalls kalfatert und auf dieselbe Art auch in den äussern Fugen, die sich neben den Mauern bilden, gedichtet wird. Manche ältere Schleusen in Holland, deren Lage für besonders gefährlich erachtet wurde, sind über dem beschriebnen doppelten Boden nochmals mit einer ausgemauerten Balkenlage und einem dritten gedichteten Bohlenboden versehn.

Schliesslich wäre noch in Betreff der Schleusenkammern zu bemerken, dass dieselben in manchen Fällen gar nicht ausgebaut, vielmehr nur, wie der Canal selbst, durch Erdböschungen eingeschlossen sind und die gewöhnliche Canalsohle zum Boden haben. Die Schleuse besteht alsdann nur aus den beiden Häuptern. Dass eine solche Anordnung in Betreff der grössern Wasserconsumtion und wegen des grössern Zeitaufwandes beim Füllen und Entleeren der Kammern nachtheilig ist, bedarf kaum der Erwähnung, auch ist das Abstürzen der Dossirungen, veranlasst durch den häufigen Wechsel des Wasserstandes, dabei nicht zu vermeiden.

§. 65.

Die Schleusenhäupter.

Die Schleusenhäupter, worin die beweglichen Stauvorrichtungen, nämlich die Thore sich befinden, müssen nicht nur hinreichende Festigkeit haben, um dem Druck des Oberwassers sicher zu widerstehn, sondern sind auch möglichst wasserdicht auszuführen, damit nicht etwa zur Seite, oder unter ihnen Quellen sich hindurchziehn, die, abgesehn von dem Wasserverlust, den ganzen Bau gefährden könnten. Diese Vorsicht ist eben sowohl beim Unterhaupt, wie beim Oberhaupt nothwendig, weil beide beim Durchgang der Schiffe abwechselnd das Oberwasser begrenzen. Wenn die Schiffahrt zur Zeit der höchsten Anschwellungen unterbrochen ist, so werden, wie bereits erwähnt, nur die Oberhäupter so hoch herauf geführt, dass sie die Durchströmung der Schleuse und des Schleusen-Canals verhindern, während die Unterhäupter nur dem Stande des höchsten schiffbaren Oberwassers entsprechen. Bei hohen Anschwellungen pflegt man den Wasserdruck möglichst gleichmässig auf beide Häupter zu vertheilen, um keines der beiden Thorpaare zu sehr zu belasten. Da indessen das Unterwasser gewöhnlich höher anschwillt, als das Oberwasser, so vermindert sich häufig bei steigendem Wasser der Druck gegen die Thore.

Die Häupter haben eben sowohl, wie die Schleusen-Kammern, theils massive und theils hölzerne Böden und Wände. Es geschieht auch häufig, dass man ihren Boden aus Holz construirt und massive Mauern darauf stellt, wogegen der massive Boden nicht selten auf einem Pfahlrost ruht, dessen Anordnung der Einrichtung des hölzernen Bodens entspricht. Hiernach scheint es am angemessensten, mit der Beschreibung der Holz-Construction den Anfang zu machen.

Von der sehr einfachen und leichten Anordnung der Amerikanischen Schleusen ist bereits die Rede gewesen. Der einzige Unterschied der Böden in den Häuptern gegen den Kammerboden besteht bei den Schleusen im Kanawha-Canal und am James-River, wie Fig. 265 Taf. XXXVII zeigt, darin, dass unter den Schlag-

schwellen oder den Drempeln die Rostschwellen unmittelbar neben einander liegen und sich gegen eine Spundwand lehnen. Die beiden Schlagschwellen, so wie der Binder in denselben sind nur durch starke eiserne Bolzen auf die Rostschwellen genagelt. Die für diesen Bau gestellten Contracts-Bedingungen verlangen keine weitere Vorsicht bei Aufbringung der Schlagschwellen, als sorgfältige Bearbeitung und scharfen Schluss gegen die Mauern.

Bei den Englischen Schleusen werden die hölzernen Drempel, wo solche vorkommen, gleichfalls nur mit starken Bolzen befestigt. Als Beispiel dieser Anordnung mag wieder die Schleuse im neuen Hafen zu Kingston-upon-Hull dienen*), von der bereits die Rede war. Diese Schleuse dient zur Verbindung des Junction-Dock mit dem Humber-Dock und ist so angeordnet, dass die Schiffe hindurchgehn können, wenn der Wasserstand im ersten Dock niedriger, als im zweiten ist.

Die hier gewählte Construction der Thorkammerböden mit Einschluss der Drempel verdient besondere Erwähnung. Die Pfahlreihen sind in gleicher Art, wie in der Schleusenkammer angeordnet, sie erstrecken sich nach der Länge der Schleuse, und sind 5 Fuss von Mitte zu Mitte von einander entfernt. Die einzelnen Pfähle stehn sich in diesen Reihen aber viel näher, indem ihr Abstand von Mitte zu Mitte nur 2 Fuss beträgt. Vor und hinter jeder Thorkammer befindet sich eine Spundwand, ausserdem ist eine solche auch noch in der Mitte jeder Kammer angebracht. Diese Querspundwände jedes Hauptes reichen über die Holme oder Rostschwellen herauf bis zur Oberfläche der darauf liegenden Querbalken. Letztere liegen dicht geschlossen neben einander, und lehnen sich an die Spundwände. Der ganze Rost besteht aus Kiefernholz, welches aus Memel bezogen war. Man hatte beabsichtigt, Balken aus Ellernholz dazu zu verwenden, weil dieses beim Eintreiben der Bolzen weniger spaltet, auch letztere fester darin haften, man konnte jedoch das Ellernholz nicht in den erforderlichen Dimensionen erhalten, und musste sich daher zur Benutzung des Kiefernholzes entschliessen. Diese Balken hielten, nachdem sie sorgfältig bearbeitet waren, 12 Zoll Englisches Mass im Gevierten, und waren 56 Fuss lang, indem sie unter die beiderseitigen Mauern und sogar noch

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I.* pag. 35.

darüber hinausreichten. Man verlegte sie, nachdem der Grund einige Fuss tief zwischen den Pfählen und Rostschwellen ausgemauert war, so, dass zuletzt in der Mitte zwischen je zwei Spundwänden der Raum für einen Balken frei blieb. Diesen verjüngte man etwas nach unten, so dass er im Querschnitt eine keilförmige Gestalt erhielt, und trieb ihn mit der Ramme ein, um die ganze Balkenlage scharf zusammenzudrängen und wasserdicht zu machen. Hierauf wurden die Balken einzeln mit eisernen Bolzen, die mit Widerhaken versehn waren, gegen die Rostschwellen genagelt. Es wird aber noch erwähnt, dass letztere vorher mit besondrer Vorsicht mit den Pfählen verbunden waren. Nachdem nunmehr die Oberfläche vollständig geebnet und namentlich die Spundwände in gleicher Höhe abgeschnitten waren, überdeckte man die ganze Fläche mit getheertem Filz und brachte darüber einen Belag von sorgfältig gefugten und scharf zusammengetriebenen 6-zölligen Ellern-Bohlen auf.

Die Schlagschwellen dieser Schleuse, welche Fig. 309 *c* auf Taf. XLIV in der Ansicht von oben zeigt, sind, wie in England üblich, gekrümmt, indem die Thore cylindrische Flächen bilden. Die Schwellen bestehn aus Amerikanischem Eichenholz von 18 Zoll im Gevierten, der Mittelbalken, der quer durch die Schleuse von einer Wendenische, bis zu der gegenüberstehenden reicht, ist aber nur 12 Zoll hoch und breit, und die sieben Binder sind an der hintern Seite niedriger gehalten, damit sie sich sowohl an die Schlagschwellen, als an den Mittelbalken anschliessen. Die erwähnten Verbandstücke sind ausser der Verzapfung auch in der obern, wie in der untern Fläche durch eingelassne eiserne Bänder mit einander verbunden, und sind $1\frac{1}{2}$ Zoll tief in den Bohlenbelag versenkt, um einen wasserdichten Schluss mit demselben darzustellen. Mit langen gehakten Bolzen werden sie nicht nur mit den Querbalken, sondern auch mit den Rostschwellen verbunden. Ausserdem dienen zu ihrer Verbindung mit diesen noch gewisse Dübel aus Eichenholz. Die Felder zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken sind ausgemauert, und mit Bohlen überdeckt.

Eine besondere Vorsicht musste noch zur Schonung der Schlagschwellen angewandt werden, damit dieselben beim Durchgehn der Schiffe nicht beschädigt würden. Diese Gefahr ist in den Dockschleusen sehr bedeutend, indem theils die meisten Schiffe mit

Kupfer bekleidet sind, theils aber auch der Wasserstand während des Durchganges eines Schiffes sich leicht senkt, das Schiff aber, wenn es auch schon die Schwellen berührt, doch hindurch gewunden werden muss, indem die Schleuse nicht geöffnet bleiben darf. Aus diesem Grunde sind zur Sicherung der Schwellen 12 Fuss lange und 5 Zoll starke gusseiserne Platten in der Mitte aufgenagelt, und ausserdem liegt in jedem Eingange der Schleuse ein 18 Zoll hoher eichener Balken, dessen Höhe also mit der der Schwellen übereinstimmt, und der das Einlaufen von Schiffen, die zu tief gehn, verhindert.

Bei den Schleusen auf den Englischen Canälen ist der Boden und selbst der Drempel überaus einfach angeordnet. In vielen Fällen sind beide massiv, von diesen ist hier nicht die Rede. Wenn aber der Holzbau gewählt wird, so pflegt unter dem Mittelbalken eine Spundwand zu stehn, während häufig die Grundbalken nicht auf Pfählen ruhn, also nur Schwellen eines liegenden Rostes sind. Der Bohlenbelag schliesst sich von beiden Seiten an die obere Fläche des Mittelbalkens an, indem er in Falze eingreift, und die Schwellen, welche den Anschlag der Thore bilden, sind mit Bolzen darauf genagelt.

Ist die Schleuse nur etwa 10 Fuss weit, oder noch enger, so genügt ein einzelnes Thor, und der Mittelbalken ist alsdann zugleich Schlagschwelle. Bei etwas weitern Schleusen werden zwar Stemmthore angewandt, deren Schlagschwellen aber nur, wie Fig. 292 auf Taf. XLI zeigt, auf den Fachbaum über der Spundwand, oder auf einen andern Querbalken aufgenagelt werden.

In den Niederlanden, wo hölzerne Schleusenböden fast ausschliesslich vorkommen, ist man überaus sorgsam, dieselben in den Häuptern recht fest zu verbinden, und zugleich so wasserdicht als möglich zu machen. Die Schlagschwellen liegen auch hier gemeinhin nur auf dem Boden auf, ohne in unmittelbarer Verbindung mit den Spundwänden zu stehn.

Die Anzahl der Spundwände beschränkt sich dabei gewöhnlich auf vier, und zwar sind sie sämmtlich nach der Quere gerichtet. An jedem Ende der Schleuse befindet sich eine, und eine unter jedem Drempel, d. h. unter dem Mittelbalken, der die Schlagschwellen unterstützt. Unter den Schlagschwellen selbst, sowie unter den

Thornischen, dem Abfallboden u. s. w. kommen keine Spundwände vor.

In grossen Schleusen, die namentlich die hohen Fluthen der See abhalten, bringt man ausserdem auch unter den äussern Dammfalzen d. h. an den Stellen, wo bei Reparaturen die Dammbalken eingelegt werden, noch Spundwände an. Gewöhnlich wird aber das Durchquellen des Wassers unter dem Rost, noch durch zwei Heerdmauern verhindert, die etwa 5 Fuss tiefer gegründet, und oft auf beiden Seiten durch leichte Spundwände eingeschlossen sind. Sie liegen unter beiden Eingängen der Schleusen. Fig. 277 *b* auf Taf. XXXIX zeigt eine solche, die auf dem Bohlenbelage eines besondern Pfahlrostes ruht.

Die Spundwände sind selten über 6 Zoll stark, und werden immer zwischen festen Zwingen eingerammt, indem die unmittelbar daneben liegenden Grundbalken schon vorher aufgebracht, und so verlegt sind, dass sie zwischen sich einen Raum frei lassen, der mit der Stärke der Spundwand übereinstimmt. Die Spundwände erstrecken sich über die Breite der Schleuse hinaus und treten auf jeder Seite noch 5 bis 10 Fuss weiter vor, um auch hier die Bildung von Wasseradern zu verhindern, jenseits der Mauern sind sie aber nicht mit Fachbäumen versehn, erheben sich jedoch nahe bis zur Terrain-Höhe. Die Spundpfähle sind hier durch Zangen verbunden, die nicht weit vom obern Ende zu beiden Seiten aufgebolzt, oder auch nur von einer Seite aufgenagelt sind.

In dem Schleusenhaupte selbst schneidet man die Spundwand gemeinhin so hoch ab, dass sie etwa 1 Zoll über den untern Bohlenboden vorragt. In diesem Fall unterbricht sie den letztern, dagegen laufen die Langschwellen, deren schon bei Beschreibung des Kammerbodens erwähnt ist, gewöhnlich über den Spundwänden, sowie auch unter den Drempeln ohne Unterbrechung fort. Sie sind an den Seiten eingeschnitten, so dass ihre Breite beim Kreuzen der Spundwände sich um einige Zolle vermindert, auch sind sie unten mit Falzen versehn, in welchen die Spundwand eingreift. Der Mittelbalken ist auf sie aufgekämmt. Fig. 276 *a* und *d* zeigt diese Anordnung, und man ersieht daraus, dass keine Wasserader sich zur Seite der Langschwelle ohne Unterbrechung hinziehn kann. Nachdem der Bohlenboden aufgebracht und auch gegen die Spundwand gehörig abgedichtet ist, wird der vortretende Theil der Spundwand

getheert, mit Moos überdeckt und in einen Falz auf der untern Seite des Mittelbalkens eingelassen.

Diese Constructionsart ist die gewöhnlichste, man weicht jedoch zuweilen davon ab, indem man entweder den Mittelbalken vollständig als Fachbaum behandelt, und die Spundwand in ihn eingreifen lässt, oder indem man andrerseits eine solche Verbindung ganz umgeht, und der untre Bohlenbelag im Zusammenhange über die Spundwand fortgeführt wird. Im ersten Falle werden auch die Langschwellen durchschnitten, und indem sie von beiden Seiten stumpf gegen die Spundwand stossen, wird der Längenverband des Bodens unterbrochen. Die Langschwellen werden alsdann auch unter dem Mittelbalken ausgeschnitten, so dass sie in der Flucht des Bohlenbodens liegen.

Die bei grossen Schleusen übliche Anordnung zeigt Fig. 277 *a* und *b*. Die Spundwand wird nämlich etwa 1 Zoll hoch über der Flucht der Grundbalken abgeschnitten, getheert und nachdem sie mit Moos überdeckt ist, in den genau passenden Falz des Bohlenbodens eingelassen. Um diesen Bohlenboden mit dem Mittelbalken in wasserdichte Verbindung zu setzen, schneidet man in den erstern auch auf der obern Seite einen Falz ein, und dasselbe geschieht auf der untern Seite des Mittelbalkens. In diese beiden Falze verlegt man alsdann eine sorgfältig bearbeitete, getheerte und durch Moos oder Löschpapier überdeckte hölzerne Feder.

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass der Mittelbalken jedesmal aus einem sehr starken Holz bestehn muss, indem er über dem Oberboden noch bis zur Höhe der Schlagschwellen heraufreicht. Er ist so lang, dass er 2 bis 3 Fuss von jeder Seite in die Schleusenmauern eingreift, an den Enden ist er ausgefalzt (Fig. 276 *b* und 277 *a*) und umfasst hier entweder einen etwas höheren Spundpfahl, oder wenn die Spundwand nicht über den untern Boden vortritt, so ist der Einschnitt am Ende des Mittelbalkens sorgfältig und in gehörigem Verbande ausgemauert. Ausserdem pflegt man, um das Durchdringen des Wassers neben dem Mittelbalken möglichst zu verhindern, denselben noch einen halben Zoll tief in den Bohlenboden einzulassen, und getheertes Papier dazwischen zu legen. Nur in dem Fall, wenn der Bohlenboden auf der untern Seite schon zur Aufnahme der Spundwand mit einem Falz versehn ist, muss der Mittelbalken stumpf aufgelegt werden,

weil die Bohlen sonst zu sehr geschwächt würden. Dafs übrigens die schon bei Gelegenheit des Kammerbodens beschriebnen Vorsichtsmaafsregeln hier vollständig wieder in Anwendung kommen, um die möglichste Wasserdichtigkeit darzustellen, und namentlich um die Bildung von Wasseradern in den Fugen der Bohlen zu verhindern, darf kaum erwähnt werden.

Der Mittelbalken wird durch scharf eingetriebne Bolzen von 1 Zoll Stärke, die mit Widerhaken versehn sind, gegen die Grundbalken genagelt, und um diese Befestigung noch mehr zu sichern, wählt man nicht Kiefern-, sondern Eichenholz zu denjenigen Grundbalken, welche unter dem Mittelbalken oder unter den Schlagschwellen liegen.

Was die Schlagschwellen betrifft, so sind dieselben entweder eben so hoch, wie der Mittelbalken und ruhn alsdann gleich jenem auf dem untern Bohlenboden, oder sie haben eine geringere Höhe und liegen auf dem obern Boden. Beide Schlagschwellen bilden jedesmal mit der vordern Kante des Mittelbalkens ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Höhe meist dem sechsten Theil der Basis gleich ist. Die Thore schlagen gegen die äufsern Flächen der Schlagschwellen, und man verlängert diese, wie Fig. 278 zeigt, so weit, dafs die aus der Drehungsachse des Thors gezogne Normale das Ende der Schlagschwelle trifft. Die Schwellen sind durch Versatzung und durch zwei Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Diese Zapfen sind aber doppelt, oder es liegen jedesmal zwei derselben über einander, wenn die Schlagschwellen eben so hoch, als der Mittelbalken sind.

An der Spitze des erwähnten Dreiecks sind die Schwellen überblattet (Fig. 279), so dafs der Stofs weder in der obern, noch in der untern Ansicht in die Mittellinie fällt. Der Zweck dieser Anordnung ist, das Absplittern zu vermeiden, welches leicht eintreten könnte, wenn man die Stofsfuge in die Kante auslaufen liefse, und das Holz unter einem spitzen Winkel abgeschnitten würde.

Zur Unterstützung der Schlagschwellen gegen den Druck der Thore dient der Binder, der in der Mittellinie der Schleuse liegt. Er ist nach Maafsgabe seiner Höhe mit einfachen oder doppelten Zapfen mit dem Mittelbalken und den Schlagschwellen verbunden. Wenn die Thore sehr lang sind, und sonach ein Einbiegen der Schlagschwellen besorgt werden könnte, wird jede derselben noch

durch einen, auch wohl durch zwei Binder in gleicher Weise gegen den Mittelbalken gestützt.

Es ergiebt sich aus der beschriebnen Anordnung, dafs weder auf den Schlagschwellen, noch auf dem Mittelbalken der erforderliche Raum zur Befestigung der Pfannen für die Achsen der Thore vorhanden ist. Zu diesem Zweck wird daher bei den Niederländischen Schleusen jedesmal noch ein besonderes Verbandstück, die Komplatte oder der Pfannenträger genannt, angebracht, welches sich entweder in der Längenrichtung der Schleuse, oder doch nur wenig davon abweichend bis zum zweiten Grundbalken erstreckt. Die Figuren 276. *b* und 277. *a* zeigen dieselben, und sie sind jedesmal durch einen weit eingreifenden schwalbenschwanzförmigen Zapfen mit dem Mittelbalken verbunden. Dieser Zapfen liegt aber so tief, dafs er von unten in den Mittelbalken eingesetzt werden mufs, bevor dieser aufgebracht wird, und hierdurch wird es möglich, die Verzapfung der Schlagschwellen gegen den Grundbalken, die jedesmal an derselben Stelle dargestellt werden mufs, nicht wesentlich zu schwächen.

Die Zusammensetzung des Drempels, wenn alle Theile desselben auf dem untern Bohlenboden aufliegen, ergiebt sich aus Fig. 276. Zur gehörigen Befestigung der Schlagschwellen, sowie zur Dichtung des Bodens, sind, wie zuweilen geschieht, zwischen diejenigen Pfahlreihen, welche die eigentlichen Grundschwellen tragen, noch andre Pfähle gerammt, auf welchen zwei Zwischenbalken liegen. In dieser Weise bildet sich unter den Schlagschwellen noch ein Balkenboden, der durch Kalfatern vollständig gedichtet wird. Die Langschwellen sind bis zum äufsern Rande der Schlagschwellen so weit abgeschnitten, dafs sie mit dem Bohlenboden eine ebne Oberfläche bilden, und nachdem diese gedichtet ist, werden die Schlagschwellen nebst dem Binder auf einer mehrfachen Lage von getheertem Löschpapier verlegt, und eben so wie der Mittelbalken mit eisernen gehakten Bolzen gegen die eichenen Grundbalken befestigt. Die beiden Dreiecke zwischen den Schlagschwellen, dem Binder und dem Mittelbalken sind ringsum mit Falzen versehn, um einen Bohlenboden in der Höhe der Schlagschwellen darauf anbringen zu können, nachdem sie bis zu diesen Falzen ausgemauert sind. Auch dieser Boden wird durch Kalfatern gedichtet. Die beiden Pfannenträger müssen schon vor dem Verlegen des

Mittelbalkens mit demselben verzapft sein. Ihre Befestigung gegen die Grundbalken geschieht in gleicher Weise, und man sorgt dafür, dafs nicht etwa unter oder neben denselben Wasseradern sich bilden können.

Im Thorkammerboden hat die obere Balkenlage nur eine geringe Höhe, damit der gehörige Anschlag sich gegen die Schlagschwellen bilden kann. Darüber sind wieder die Langschwellen gestreckt, die stumpf gegen die Schlagschwellen stofsen, und die mit dem Bohlenboden in einer Flucht liegen. Die Felder unter dem letztern sind ausgemauert, und die Fugen sowohl zwischen den Bohlen und Langschwellen, als auch gegen die Schlagschwellen sorgfältig gedichtet.

In gleicher Weise ist auch der Hinterboden behandelt. Da derselbe jedoch in der Höhe der Schlagschwellen liegt, so sind die obern Balken hochkantig verlegt und greifen mit Zapfen in den Mittelbalken, mit welchem sie durch Nägel verbunden werden. Die obern Langschwellen fehlen hier.

Als Beispiel der zweiten Constructionsart, wonach die Schlagschwellen auf den Oberboden gelegt werden, mag die Schleuse auf dem Canal zwischen Herzogenbusch und Mastricht dienen, die Fig. 277. *a* und *b* zeigt. Ueber die Grundbalken sind acht Langschwellen gestreckt, von denen jedoch nur vier zwischen den Mauern liegen. Sie dienen zur Verankerung des Hinterbodens, und setzen sich unter dem Mittelbalken und den Schlagschwellen bis in den Thorkammerboden fort. Der Unterboden ist in gleicher Art, wie bereits beschrieben, angeordnet. Die zweite Balkenlage über den Grundbalken der Thorkammer ist vollständig vorhanden. Zwischen demjenigen Balken, der dem Mittelbalken zunächst liegt, und dem Letzteren sind mit Versatzung und Verzapfung zwei Streben eingelegt, die zur Verstärkung der darüber liegenden Schlagschwellen dienen. Der Binder hat die volle Höhe des Mittelbalkens, auch die Pfannenträger greifen über den nächsten Balken, sind aber mit Falzen zur Befestigung des Oberbodens versehn. Die erwähnten Streben, so wie die Pfannenträger sind wieder mittelst gehakter Bolzen an die Grundbalken befestigt, und nachdem alle Felder ausgemauert waren, ist der Oberboden über die Balken und Streben genagelt. Derselbe greift aber nicht in die Dreiecke zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken ein, woselbst vielmehr das

Mauerwerk ohne Unterbrechung bis zum Bohlenbelag des Drempels fortgesetzt ist. Auf jenen Oberboden sind endlich die ziemlich niedrigen Schlagschwellen verlegt, und mittelst starker Bolzen, die durch die Grundbalken reichen, daran befestigt. Die Detailzeichnung des Mittelbalkens Fig. 280. *a*, *b* und *c* in der obern und Seitenansicht und in drei Querschnitten, stellt diese Verbindung dar, und dieselbe ist in den Querschnitten noch durch die Andeutung des Bohlenbelags und der anstofsenden Verbandstücke verdeutlicht. Im Uebrigen stimmt die Construction mit der bereits beschriebnen überein, und es wäre nur noch auf die Heerdmauer am untern Ende der Schleuse aufmerksam zu machen, die vor der Schleusenöffnung durch eine hölzerne Schwelle geschützt ist, und auf einem besondern Pfahlrost ruht. Letztrer ist am äufsern Rande nicht nur durch eine Spundwand gesichert, sondern lehnt sich auch an eine Reihe schräge eingerammter Pfähle, mit denen seine Schwelle verbolzt ist.

Endlich ist noch die in Preufsen früher allgemein übliche Constructionsart der hölzernen Böden unter den Schleusenhäuptern zu erwähnen. Sie unterscheidet sich von den beschriebnen theils durch manche Eigenthümlichkeiten, theils aber und vorzugsweise durch die grofse Anzahl von Quer- und Längenspundwänden und überhaupt durch eine möglichst weit getriebne Vorsicht zur Sicherstellung des Baues.

Diese Vorsicht begründet sich indessen keineswegs in der natürlichen Beschaffenheit des Bodens, der im Allgemeinen nicht ungünstiger, als bei vielen Canälen in Frankreich ist, und am wenigsten dem Baugrunde in den Niederlanden nachsteht. Auch die Dimensionen unsrer Schleusen, die meist nur von Flufsschiffen benutzt werden, sind so mäfsig, dafs sie die Besorgnifs einer gröfsern Gefahr keineswegs begründen. Die von Eytelwein angegebenen *), ohne Zweifel sehr soliden Constructionen werden auch heutiges Tages von vielen Baumeistern noch als Normen angesehn. Nur in neurer Zeit hat die Bettung auf Béton mehrfach Anwendung gefunden. Dabei mag erwähnt werden, dafs schon im Anfange dieses Jahrhunderts der Wasserbau-Director F. Schulz darauf aufmerk-

*) Practische Anweisung zur Wasserbaukunst. Heft IV.

sam machte, dafs unsre Schleusen viel kostbarer wären, als die Französischen und selbst die Niederländischen. *)

Fig. 281. *a* und *b* auf Taf. XL. zeigt den Grundrifs und den Längendurchschnitt eines Unterhauptes nach der bei uns üblichen Anordnung. Man bemerkt darin fünf Querspundwände und zwei Längenspundwände, zuweilen werden sogar vier der letztern angenommen, so dafs jede Mauer auf beiden Seiten von Spundwänden eingeschlossen ist. Man beabsichtigt durch die grofse Vervielfältigung derselben nicht nur die Bildung der Quellen zu verhindern, die von der einen oder der andern Seite in die Schleuse treten, oder aus derselben hervordringen könnten, und Wasserverlust oder auch wohl Unterspülung besorgen liefsen, sondern aufserdem sollen diese Spundwände auch während des Baues den Wasserzudrang mäfsigen und bei besonders quelligem Boden zur Trennung der Baugrube in mehrere Theile dienen, die einzeln trocken gelegt und besonders fundirt werden können.

Die Querspundwände im Oberhaupt sind folgende:

1) am obern Eingange in die Schleuse, also vor dem Vorboden des Oberhauptes. Dieselbe soll 6 Zoll stark sein.
2) Zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Oberhauptes. Diese wird als entbehrlich bezeichnet, wenn die Beschaffenheit des Grundes nicht bedenklich ist. Die Stärke von 4 Zoll sei genügend. Ich bemerke indessen, dafs vor beiden Thorkammerböden in unsern ältern Schleusen die Spundwände nicht leicht fehlen.
3) Unter den beiden Schlagschwellen, in der Stärke von 6 Zoll.
4) Unter dem Mittelbalken liegt die Hauptspundwand von 8 Zoll Stärke.
5) Unter dem Abfallboden, und zwar am Fufs desselben, befindet sich eine schwache Spundwand von 4 Zoll Stärke, deren Anbringung noch aus dem besondern Grunde empfohlen wird, um den Streben, welche den Oberboden stützen (Figur 258. auf Taf. XXXIV.) ein festes Widerlager zu geben.

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Königsberg 1808. Seite 132.

In ähnlicher Weise und grofsentheils in gleichen Dimensionen wiederholen sich die Spundwände im Unterhaupt, nämlich:

6) vor dem Thorkammerboden. Dieselbe wird wieder als minder wichtig bezeichnet, pflegt aber doch nur selten zu fehlen.
7) Unter den Schlagschwellen.
8) Unter dem Mittelbalken.
9) Eine Spundwand im Hinterboden soll vorzugsweise dazu dienen, den Unterdrempel bis zu gröfsrer Tiefe untermauern zu können. Ihre Stärke wird zu 4 Zoll angegeben, und eben so stark soll auch endlich
10) die Spundwand am untern Ende oder hinter dem Hinterboden des Unterhauptes sein.

Diese sämmtlichen Querspundwände werden mit Fachbäumen versehn, die man nicht mit Bohlen überdeckt, die vielmehr Falze und oft sogar doppelte Falze haben, in welche der einfache oder doppelte Bohlenbelag des Schleusenbodens eingreift und mit eisernen Nägeln befestigt ist. Aufserdem liegen die sämmtlichen Fachbäume, und sonach auch diejenigen, welche die Längenspundwände überdecken, nicht allein auf den Spundwänden, sondern jedesmal zugleich auf daneben eingerammten Pfählen, von denen sie mit starken Blattzapfen umfafst werden. Lange Nägel mit Widerhaken versehn sind horizontal durch letztre in die Fachbäume getrieben, und stellen die feste Verbindung dar, welche durch das Gewicht der Mauern noch mehr gesichert wird.

Wo zwei Spundwände zusammentreffen, oder sich kreuzen, befindet sich jedesmal ein stärkerer, mit Nuthen versehner Bundpfahl (Theil I. § 39), der Nuthpfahl genannt. Unter den Wendenischen stehn sogar zwei solche unmittelbar neben einander, weil hier fünf Spundwände zusammenstofsen, die man nicht füglich an einen einzelnen Pfahl anschliefsen kann, wie Fig. 283 zeigt. Mit dem Einrammen der Nuthpfähle pflegt man die Fundirungsarbeit zu beginnen.

Die Grundbalken unter den Häuptern sind, eben so wie unter der Kammer, zugleich Zangen des Rostes, und werden nicht nur auf die Rostschwellen, die sie treffen, sondern auch auf die Fachbäume der Längen-Spundwände aufgekämmt. Die äufsern Längen-Spundwände erhalten zuweilen keine Fachbäume, erheben sich aber einige Fufs hoch über den Rost, und werden oben durch

zwei angebolzte Zangen zusammengehalten (Figur 268. auf Tafel XXXVIII.). In diesem Fall stehn sie unmittelbar neben den äussern Rostschwellen, und die Grundbalken, eben so wie die Querfachbäume, dürfen nicht darüber hinaus verlängert werden.

In den Dreiecken zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken befinden sich keine Grundbalken, vielmehr werden die Belagsbohlen nur auf die Falze der Schlagschwellen, des Mittelbalkens und der Binder genagelt. Die daselbst befindlichen Pfähle dienen allein zur Unterstützung der benannten Verbandstücke. Noch ist zu erwähnen, dafs die Grundbalken unter den Häuptern gemeinhin etwas näher liegen, als in der Kammer, und dafs diejenigen Grundbalken, welche die Querfachbäume berühren, nicht in gewöhnlicher Weise auf die Pfähle aufgezapft, sondern, wie die Fachbäume, durch Blattzapfen gehalten und mit starken eisernen Nägeln daran befestigt werden. Es ist aber noch nöthig, in diesem Fall, und namentlich wo der Bohlenbelag nicht an die Fachbäume genagelt ist, wie zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Unterhauptes, den Fachbaum mit dem nebenliegenden Grundbalken durch einige Schraubenbolzen zu verbinden.

Besonders wichtig sind die Schlagschwellen in ihrer Verbindung mit dem Mittelbalken. Der Anschlag, wogegen die geschlofsnen Thore sich lehnen, wird nicht allein durch die Schlagschwellen, sondern, wie Fig. 284. zeigt, zum Theil auch durch den Mittelbalken gebildet. Beide bestehn aus so hochkantigen Balken, dafs nicht nur der Bohlenbelag des Thorkammerbodens in der Höhe der Grundbalken in sie eingefalzt wird, sondern sie ausserdem die ganze Höhe des Anschlags darstellen. Letztere beträgt gemeinhin 9 Zoll, und die Höhe dieser Verbandstücke mufs daher wenigstens 21 Zoll messen, nachdem sie scharfkantig beschlagen sind. Gewöhnlich wählt man Eichenholz dazu. Da man dieses aber bei solcher Stärke nicht leicht in der ganzen Länge des Mittelbalkens findet, so bemüht man sich wenigstens die Stöfse unter die Mauern zu bringen. Die Verbindung in den Stöfsen ist Figur 282 dargestellt.

Sowohl der Mittelbalken, als die Schlagschwellen ruhn auf Spundwänden und werden aufserdem von den dazwischen eingerammten Spitzpfählen unterstützt, wie Fig. 283 durch die Blattzapfen der Pfähle andeutet. Durch diese unmittelbare Verbindung

der Schlagschwellen mit den Spundwänden wird ohne Zweifel die Bildung von Wasseradern wesentlich erschwert.

Der Mittelbalken sowohl, als auch die Schlagschwellen sind mit den Spundwänden durch Zapfen verbunden. Diese Zapfen sind theils in der Höhe von 2 Zoll in der ganzen Länge der Spundwände sorgfältig angeschnitten, und greifen in entsprechende Nuthen der benannten Verbandstücke ein, theils aber treten in Abständen von etwa 4 Fufs einzelne Zapfen bis zu der obern Fläche der Fachbäume vor. Zur Darstellung einer möglichst innigen Verbindung werden diese Zapfen jedesmal gespalten und durch zwei Keile auseinander getrieben. Man läfst sie indessen nicht bis zur freien Oberfläche des Bodens vortreten. Wenn sie daher nicht durch den Bohlenbelag überdeckt werden, so erhalten sie nicht die ganze Höhe der Fachbäume. Auch die Zapfenlöcher in den letztern werden alsdann nur in entsprechender Tiefe ausgeschnitten, und vor dem Aufbringen der Fachbäume und des Mittelbalkens versieht man jeden Zapfen mit zwei feinen Sägeschnitten, und setzt die Schneiden zweier Keile aus hartem Holz von angemefsner Länge darin ein, wie Fig. 288. zeigt. Beim Auftreiben des Fachbaums stofsen alsdann die Holzkeile an den Boden des Zapfenlochs, werden dadurch herabgedrückt, und dringen in die Sägeschnitte ein. Wenn dieses Verfahren vollständig glückt, so erhält der Fachbaum eine sehr sichre Befestigung, doch bleibt es immer zweifelhaft, ob wirklich alle Keile regelmäfsig eindringen, und nicht vielleicht einige derselben sich umlegen, wodurch die Verbindung mehr gestört, als befördert wird. An die Fachbäume der Drempel schliefsen sich sowohl in der Thorkammer als am Hinterboden jedesmal doppelte Bohlenbeläge an, und deshalb sind die Schlagschwellen wie auch der Mittelbalken mit doppelten Falzen versehn. Hierdurch wird die Gelegenheit geboten, die Zapfen der Spundpfähle bis zu den obern Falzen vortreten zu lassen, woselbst sie sicher verkeilt und später durch den obern Bohlenbelag überdeckt werden können. In Fig. 283 und 284 sind diese Zapfen durch die stärkere Schraffirung bezeichnet.

Fig. 284. stellt die Verbindung des Drempels in der obern Ansicht dar. Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, mit dem untern Rande nicht allein gegen die Schlagschwellen, vielmehr setzt sich der Anschlag bis tief in den Mittelbalken fort, so

dafs die Pfanne, worin der untere Thorzapfen steht, in den Mittelbalken selbst eingelassen werden kann, und die in den Niederlanden üblichen Pfannenträger entbehrlich werden. Die Hauptverbandstücke, nämlich der Mittelbalken, eine Schlagschwelle und der Binder sind in den Figuren 285, 286 und 287 besonders dargestellt, und zwar sowohl in der Ansicht von oben *a*, als auch von der Seite *b*. Im Allgemeinen geschieht die Verbindung durch doppelte Zapfen und Versatzung. Der Binder, der gleichfalls in dieser Weise mit den Schlagschwellen verbunden ist, setzt sich in der Höhe des Bohlenbelags der Thorkammer durch die ganze Länge derselben fort, und ruht theils auf den Grundbalken, theils auch auf mehreren Pfählen, die ihn mit Blattzapfen umfassen. Gegen letztere ist er mit starken Bolzen verbunden, wodurch er verhindert wird, sich aufzuheben, falls die Thore heftig gegen die Schlagschwellen schlagen sollten. Es ist zweifelhaft, ob ein solches Umkanten des Drempels überhaupt zu besorgen ist. In den Niederlanden wird dieses nicht angenommen, daher auch die Fortsetzung des Binders über die Schlagschwellen hinaus für entbehrlich gehalten. Die Schlagschwellen werden bei uns in ihren obern Flächen mit starken Blättern versehn, die über dem Binder sich berühren und sich gegeneinander stemmen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs die Verbindung des Drempels möglichst fest sein mufs, und dieses kann nur durch sorgfältige Bearbeitung aller Theile und scharfes Eintreiben derselben ineinander erreicht werden. Man setzt zunächst die Zapfen der Schlagschwellen in den Binder, und treibt alsdann diese drei Stücke in den Mittelbalken. Um aber alle Stöfse vollständig zu dichten, sind die Zapfen so stark gehalten, dafs sie die Zapfenlöcher vollständig füllen, und vor dem Eintreiben werden sie selbst, sowie alle berührende Holzflächen mit heifsem Theer getränkt.

Nachdem diese Zusammensetzung erfolgt ist, auch die eisernen Klammern, welche Fig. 284. zeigt, eingetrieben sind, bringt man den ganzen Drempel auf die Spundwände und Stützpfähle auf, und zwar geschieht dieses, um ein genaues Schliefsen der Zapfen möglich zu machen, in folgender Art. Man befestigt an den Drempel drei Taue, die, über Rollen geleitet, um drei Erdwinden geschlungen sind. Dadurch wird man in den Stand gesetzt, den Drempel mit Leichtigkeit wiederholentlich aufzulegen und abzuheben. So-

wohl die Spundwände, als die Stützpfähle werden alsdann erst nach Maafsgabe der Zapfenlöcher des Drempels mit Zapfen versehn. Man bestreicht die untere Fläche des Drempels vor dem Auflegen mit einer zähen Bolus-Farbe. Alsdann zeichnet sich die Nuthe, welche keine Farbe abdrückt, auf dem Hirnholz der Spundwand ab. Nach dieser Zeichnung werden die sämmtlichen Zapfen an der letztern, sowie auch an den Stützpfählen angeschnitten, und das Bestreichen mit Farbe, sowie das Aufpassen des Drempels wird so lange fortgesetzt, bis endlich der gleichmäfsige Abdruck der Farbe ein gleichmäfsiges Aufliegen auf allen Unterstützungspunkten erkennen läfst.

Die Zapfen der Spundwände können, um ein Abheben des Drempels bei diesen oft wiederholten Proben möglich zu machen, nicht scharf passend zugeschnitten sein. Sie werden daher zuletzt nicht nur mit Theer getränkt, sondern auch mit getheerter starker Leinwand umschlagen. Auch die Nuthen und Zapfenlöcher und überhaupt alle sich berührende Holzflächen werden getheert, und nachdem der Drempel wieder aufgelegt ist, bedeckt man ihn, um ihn vor Beschädigungen zu sichern, mit Brettern, und treibt ihn mit Handrammen fest auf. Endlich werden die aus den obern Falzen vortretenden Zapfen, die schon vorher aufgeschnitten waren, durch je zwei Keile auseinander getrieben und sorgfältig abgeschnitten.

Der Boden jedes Hauptes wird unter dem Bohlenbelage ausgemauert, und diese Ausmaurung wird auch auf beiden Seiten der Spundwand unter dem Mittelbalken im Ganzen auf 7 Fufs Breite ausgeführt, und erstreckt sich seitwärts bis zu den äufsern Längenspundwänden. Der übrige Theil des Rostes unter den Mauern wird nur mit Thon ausgeschlagen. Um zu dieser Untermaurung eine feste Grundlage zu gewinnen, gräbt man, während die Schöpfmaschinen in kräftigem Betriebe erhalten werden, den Grund zwischen den Pfählen und Spundwänden möglichst tief aus, bringt alsdann eine Lage Bauschutt auf, stampft diese fest an, übergiefst sie mit dünnflüssigem hydraulischen Mörtel, und führt eiligst die Mauern bis zu den vorher zugeschnittenen Köpfen der Pfähle herauf. Nachdem alsdann die Grundbalken und Fachbäume aufgebracht sind, setzt man die Maurung bis zur untern Fläche des Bohlenbelags fort.

Der Bohlenbelag ist gewöhnlich in der ganzen Ausdehnung

der Häupter doppelt, und die Bohlen jeder Lage sind gefalzt oder mit halber Spundung versehn. Aufserdem werden sie getheert, und man sorgt dafür, dafs die Fugen des obern Belags nicht über die des untern treffen. Gewöhnlich besteht die untere Lage aus dreizölligen kiefernen, und die obere aus zweizölligen eichenen Bohlen. Die Breite der Falze in den Fachbäumen, sowie in dem Binder, stimmt jedesmal mit der Höhe der eingreifenden Bohle überein, so dafs der untere Falz 3 Zoll, und der obre 5 Zoll weit eingeschnitten ist. Jede Bohle wird am Ende mit zwei eisernen, auf jeden zwischenliegenden Grundbalken aber mit zwei hölzernen, vorher in Theer getauchten Nägeln befestigt. Diese Nägel sind häufig in derselben Art, wie bei Gelegenheit des Kammerbodens bereits erwähnt ist, mit eingesetzten verdeckten Keilen versehn.

Wenn die Schleusenhäupter massive Böden erhalten, so ist die Fundirung derselben wieder sehr verschieden, und auch in diesem Fall wurde bei uns die Vorsicht möglichst weit getrieben. Fig. 289. auf Taf. XLI. zeigt das Oberhaupt der Brieskower Schleuse im Friedrich-Wilhelms-Canal, die in den Jahren 1826 und 1827 erbaut ist, und für mehrere spätere Bauten als Muster gedient hat. *) Man ersieht aus dem Pfahlrifs in der obern Hälfte der Fig. 289. *a*, sowie auch aus dem Querdurchschnitt Fig. 289. *d*, dafs hier sogar sechs Längenspundwände angebracht sind, welche nicht nur die Mauern von beiden Seiten einschliefsen, sondern an den äufsern Seiten noch doppelt sind, um ein Durchquellen des Wassers aus den Umläufen zu verhindern. Die Zahl der Querspundwände beträgt dagegen vier, von denen eine vor dem Eingange der Schleuse liegt, zwei unter den Schlagschwellen und dem Mittelbalken sich befinden, und die vierte den Abfallboden und zugleich den massiven Oberboden begrenzt. Wenn es sich bei hölzernem Boden rechtfertigen läfst, unter den Schlagschwellen Spundwände anzubringen, so ist im vorliegenden Fall gewifs kein Grund für eine solche Annahme denkbar, da das 8 Fufs hohe Mauerwerk die Schlagschwellen von dem Rost trennt.

Das Unterhaupt dieser Schleuse ist gleichfalls mit massivem Boden versehn, der in der Thorkammer nur 2 Fufs stark ist. Unter demselben befinden sich vier Längenspundwände, weil daselbst

*) Bauausführungen des Preufsischen Staates. Bd. I. Berlin 1830. S. 32.

keine Umläufe vorhanden sind und die Schleuse mittelst Schütz-Oeffnungen in den Thoren entleert wird. Die Anzahl der Querspundwände ist dagegen eben so grofs, wie im Oberhaupt. Die erste liegt vor dem Thorkammenboden, zwei unter dem Drempel und die vierte an dem untern Eingange der Schleuse. Die sonstige Anordnung des Rostes, die von dem oben beschriebnen wenig abweicht, ergiebt sich aus den Figuren. Der hölzerne Kammerboden ist in gleicher Art ausgeführt, wie Figur 268. auf Tafel XXXVIII. im Durchschnitt zeigt. Dieser Boden liegt nach Figur 289. *c* einen Fufs höher, als der Rost des Oberhauptes, und beide werden durch einen Fachbaum getrennt, dessen obere Fläche in gleicher Höhe mit dem Bohlenbelag des Kammerbodens sich befindet. Hierdurch wird verhindert, dafs die Wasseradern, welche sich zwischen der Mauer und dem Bohlenbelag des Rostes hinziehn könnten, nicht unmittelbar in die Kammer treten. In gleicher Weise trennt ein andrer Fachbaum den Boden der Schleusenkammer von dem Thorkammerboden des Unterhauptes. Der Rost unter dem letzten liegt aber 3 Fufs tiefer, als der erste.

Die Schlagschwellen werden durch grofse Werkstücke aus Granit gebildet, die sich zu einem horizontalen Bogen zusammensetzen, dem die Seitenmauern als Widerlager dienen. Jeder Gewölbstein setzt sich über den Anschlag der Thore fort und tritt in geringerer Höhe zum Theil in die Thorkammer, wodurch er um so sicherer in seiner Lage gehalten werden soll.

Der Abfallboden ist in der Mittellinie der Schleuse im Verhältnifs von $3\frac{1}{2}$ zu 1 gegen das Loth geneigt, während er im Anschlufs an die Seiten-Mauern lothrecht ansteigt. Er bildet sonach eine Fläche, die dadurch entsteht, dafs die gerade Linie im Unterboden mit der Kreislinie im Oberboden durch gerade Linien verbunden wird. In Niederländischen Schleusen ist der Abfallboden zuweilen in gleicher Art geformt, bei dem geringen Schleusen-Gefälle und der Gestalt der dortigen Schiffe dient diese Anordnung zur Verlängerung der Schleusenkammer.

Der Oberboden der Brieskower Schleuse ist mit Ausschlufs der erwähnten Werksteinschicht, welche den Drempel bildet, ganz aus gebrannten Steinen ausgeführt.

Von den Umläufen, die hier in eigenthümlicher Art angeordnet sind, soll später die Rede sein.

Die Niederländischen, Französischen und Englischen Schleusen sind gleichfalls häufig in den Häuptern mit massiven Böden versehn, wenn sie auch wegen ungenügender Festigkeit des Baugrundes auf Pfahlrosten stehn. Die Anordnung des letztern ist aber jedesmal viel einfacher, und oft zieht sich der Rost ohne Unterbrechung und in gleicher Höhe unter der ganzen Schleuse fort, besonders wenn auch die Kammer mit massivem Boden versehn ist, oder wenn der Oberboden ansehnlich höher, als der Unterboden liegt. Häufig ist der Rost unter den Häuptern in gröfserer Tiefe ausgeführt, als unter der Schleusenkammer, und zwischen beiden befindet sich alsdann eine Spundwand, während unter jedem Drempel eine solche in gerader Linie quer durch die Schleuse gezogen ist. Auch kommt es zuweilen vor, dafs nur die Häupter auf Pfahlrosten gegründet sind, während die Schleusenkammer unmittelbar auf dem natürlichen Boden ruht. Dieses ist z. B. nach Telford's Mittheilung bei den Schleusen des Caledonischen Canals geschehn, wo der kiesige Grund ein Setzen nicht besorgen liefs, die gewählte Fundirungsart vielmehr nur das Durchziehn von Quellen und das Auswaschen des Untergrundes verhindern, oder mäfsigen sollte.

In den meisten Fällen, und namentlich bei kleinern Canalschleusen in England und Frankreich, wendet man keinen Pfahlrost an. Auch in den Niederlanden geschieht dieses zuweilen, und zwar nicht nur wegen der Kostenersparung, sondern auch weil man oft die Erfahrung machte, dafs der Zudrang des Wassers in eine Baugrube sehr mäfsig blieb, und daher eine leichte Ausführung des Baues hoffen liefs, bis durch das Einrammen von Pfählen starke Quellen geöffnet wurden, die man nur mit Mühe beseitigen konnte. Bei der Beurtheilung, ob ein Pfahlrost nothwendig sei, darf man überhaupt nicht vergessen, dafs der wichtigste Grund zur Anwendung desselben bei andern hohen und schweren Gebäuden, nämlich der Mangel an Tragfähigkeit des Bodens, bei Schleusen-Anlagen gewöhnlich nicht in Betracht kommt. Die Schleuse ist in der Regel nicht schwerer als der Boden, der bisher auf dem Untergrunde ruhte, wenn dieser also die bisherige Belastung trug, so wird er auch unter der Schleuse nicht einsinken. Dieses ist jedoch zu besorgen, wenn durch starkes und anhaltendes Pumpen während des Baues die hindurchdringenden Quellen den Untergrund aufgelockert

haben. Bei einem Baugrunde, der an sich fest, dessen Auflockerung aber bei Trockenlegung der Baugrube zu besorgen ist, empfiehlt sich daher eine Fundirungsart, wobei das Pumpen ganz umgangen wird. Dieses ist die Fundirung auf Béton, die im ersten Theil dieses Werks §. 48. ausführlich beschrieben ist. Auch ist daselbst bereits angegeben, wie man bei Schleusenbauten das Bett mit Béton-Fangedämmen zu umschliefsen pflegt, die später Theile der Schleusenmauern bilden.

Indem der Thorkammerboden jedesmal eine horizontale Ebne bildet, auch der Fufs der Seitenmauern darin nicht vortreten darf, weil sonst die Bewegung der Thore bis zu den Thornischen verhindert würde, so ist bei grofsen Schleusen, die für den Durchgang von Seeschiffen bestimmt sind, und welche man in dem Kammerboden, wie in den Vor- und Hinterböden der Häupter mit verkehrten Gewölben überdeckt, die gehörige Sicherung der Thorkammerböden besonders schwierig. Dieses geschieht, falls die Schleuse nicht auf einem Pfahlrost ruht, entweder durch angemefsne Verstärkung dieser Böden, indem man deren Untermaurung bis zu grösserer Tiefe herabführt, oder sie mit Heerdmauern verbindet. Auch kann derselbe Zweck durch starke liegende Roste erreicht werden, indem die Schwellen derselben, durch die Seitenmauern belastet, dem massiven Boden zur Stütze dienen. In ähnlicher Weise hat man bei der neueren Dockschleuse in Bremerhaven zur Verstärkung der massiven, auf Pfahlrosten fundirten Thorkammerböden durch diese noch einzelne Eichenstämme von bedeutenden Dimensionen gestreckt und eingemauert. Dieselben liegen in der Längenrichtung der Schleuse und ihre Enden treffen unter die verkehrten Gewölbe, welche sowohl den Drempel, als den Vorboden bilden, sonach beide Thorkammern (für die Fluth- und die Ebbethore) einschliefsen. Veranlassung zu dieser Verstärkung gab nicht nur die grofse Weite der Schleuse, die 70 Fufs Bremisch oder 64½ Fufs Rheinländisch mifst, sondern vorzugsweise der Umstand, dafs schon während des Baues der Rost sich etwas gehoben hatte.

Oft werden die massiven Böden der Häupter aus Bruchsteinen oder gebrannten Steinen ausgeführt. Gewöhnlich unterläfst man alsdann die vollständige Ueberdeckung mit Werkstücken. Nur zu den Schlagschwellen, der Begrenzung des Bodens am Eingange der Schleuse, so wie in den vortretenden Kanten, wozu auch die Rinne

unter den Dammbalken gehört, pflegt man feste Werksteine zu verwenden. Die Steine, welche im Eingange der Schleuse den Boden begrenzen, werden oft so verlegt, dafs die Stofsfugen nach aufsen convergiren, wodurch sie einen scheitrechten horizontalen Bogen bilden, der das Ausstofsen einzelner Steine verhindert. Fig. 290. *a* und *b* zeigt diese Anordnung im Grundrifs und in der Seitenansicht. Die beiden äufsern Steine treten alsdann in die Seitenmauern, und um sie mit denselben in gehörigen Verband zu setzen, sind sie, wie in den Niederlanden üblich, seitwärts mit Falzen von der Breite eines Ziegelsteins versehn, worin das Mauerwerk eingreift. Sie haben aufserdem in dem Theile, der in der Mauer liegt, eine etwas gröfsere Höhe, um die nächste Lagerfuge über den Schleusenboden zu heben, wodurch das Ausstreichen derselben erleichtert wird und sicherer erfolgen kann. Endlich zeigt dieselbe Figur noch die eisernen Steinklammern, wodurch diese Steine geankert werden. Diese Sicherheits-Maafsregel ist bei den Niederländischen Schleusen üblich.

Dafs die steinernen Drempel in ähnlicher Weise, wie horizontale Bogen zusammengesetzt werden, ist bereits erwähnt, und man pflegt dieselben, wie bei der Brieskower Schleuse geschehn, aus hohen Werkstücken darzustellen, die nicht nur den Anschlag für die Thore bilden, sondern sich auch bis in den Thorkammerboden fortsetzen. Man ist indessen immer bemüht, die Anzahl der Gewölbsteine möglichst geringe anzunehmen, weil die Fugen leicht undicht werden. Zur Sicherung derselben bohrt man auch wohl in je zwei einander berührende Steine vertikale Löcher, und nachdem die sämmtlichen Steine versetzt und die Stofsfugen dazwischen geschlossen sind, treibt man noch steifen Mörtel oder feinen Béton in diese cylindrischen Oeffnungen, um wenigstens stellenweise das Durchdringen des Wassers zu verhindern.

Bei diesen steinernen Schlagschwellen ist der Schlufs der Thore nie so dicht, wie bei hölzernen Schwellen, und wenn vielleicht ein harter Körper, wie etwa ein kleiner Stein vor der Schwelle liegt, und das Thor schnell zuschlägt, oder später einem starken Wasserdruck ausgesetzt wird, so springt leicht die Kante der Schwelle aus, und es entsteht ein Leck, der nicht mehr sicher gestopft werden kann, wenn man nicht einen andern Drempelstein einsetzt. Besonders bei spröden Steinen ist diese Gefahr sehr grofs. Man

pflegt daher nicht selten, und in England sogar gewöhnlich, den massiven Drempel mit hölzernen Schlagschwellen zu verkleiden, die, sobald sie schadhaft werden, mit Leichtigkeit durch neue ersetzt werden können. Auch bei den an der Lahn erbauten Schleusen hat dieses Verfahren Anwendung gefunden. Es wurde hier namentlich dadurch geboten, dafs zu den Drempeln, wie zu allen sonstigen Werkstücken nur spröder Marmor angewendet werden konnte. Fig. 291. *a* und *b* zeigt eine solche Anordnung im Grundrifs und Längendurchschnitt. Die Schwellen sind, wie in England üblich, etwas in die Steine versenkt, stofsen aber in der Mitte nur stumpf zusammen. Für die gehörige Dichtung der Fugen sorgt man durch elastische Zwischenlagen, und die Befestigung wird durch Schraubenbolzen, die in den Steinen vergossen sind, dargestellt. Die Bolzen dürfen indessen eben so wenig, wie die Schraubenmuttern vorstehn, weil sonst die durchgehenden Schiffe leiden könnten. Die Figuren 311. und 312. auf Taf. XLIV. zeigen gleichfalls hölzerne Schlagschwellen, und zwar bei kleinen Englischen Canalschleusen, die nur durch einfache Thore geschlossen werden.

In den massiven Böden der Oberhäupter liegen zuweilen Umläufe. Von diesen wie auch von den Wendenischen und von den Schienen, auf welchen zur Unterstützung grofser Thore eiserne Rollen laufen, wird später die Rede sein.

Bei hölzernen Wänden, die an sich niemals wasserdicht sind, mufs das Durchquellen zur Seite der Thore auf andre Weise verhindert werden. Dieses geschieht, wie bereits bei Gelegenheit der Wehre und Freiarchen erwähnt ist, vorzugsweise dadurch, dafs die Spundwand nur unter der Schleuse, oder soweit sie vom Fachbaum überdeckt wird, unter dem Horizont des Schleusenbodens abgeschnitten ist, dafs sie aber hinter den Seitenwänden bis nahe zur Höhe des Terrains und wenigstens bis über den gewöhnlichen Stand des Oberwassers ansteigt. Ein sorgfältig ausgeführter Thonschlag zu beiden Seiten dieser Spundwand pflegt alsdann das Durchtreten starker Quellen zu verhindern, wiewohl solche im Laufe der Zeit sich leicht ausbilden, und sonach häufige Befestigungen und Ergänzungen der Hinterfüllung nöthig werden.

Die bei Gelegenheit der Wehre beschriebne und Fig. 176. *c* und *d* auf Taf. XX. dargestellte Methode, wonach der Fachbaum etwas verlängert wird, und einige gespundete Bohlen oder Halb-

hölzer darauf gestellt werden, eignet sich für Schiffsschleusen nicht, in sofern der auf den Fachbaum gestellte starke Stiel, worin die Wendenische eingeschnitten ist, eine sehr sichre Befestigung fordert, die man ihm nur geben kann, wenn er unmittelbar an die feste Spundwand gelehnt wird. Die Anordnung, welche Fig. 293. *a* und *b* auf Taf. XLII. im Grundriſs und Durchschnitt zeigt, verdient daher den Vorzug. In der Spundwand befindet sich nämlich hier ein starker Nuthpfahl, der bis zur Höhe des hintern Theils der Spundwand hinaufreicht. Der Fachbaum lehnt sich an denselben und greift mit einem Zapfen in seine Nuthe, während der hinter der Schleusenwand in gröſsrer Höhe liegende Fachbaum ihn noch überdeckt. Der starke Stiel, welcher die Wendenische bildet, steht mit doppeltem Zapfen in dem ersten Fachbaum, und hat entweder eine Feder, womit er in die Nuthe des Nuthpfahls greift, oder beide sind mit übereinstimmenden Nuthen versehn, worin eine besondere Feder eingeschoben wird. Der hinter der Schleusenwand auf derselben Spundwand liegende Fachbaum ist dagegen seitwärts mit diesem Stiel verzapft. Auſserdem ist auf den höher liegenden oder den hintern Fachbaum eine starke Eisenschiene aufgenagelt, deren cylindrisches, mit einem Schraubengewinde versehenes Ende durch den erwähnten Stiel hindurchreicht, und mittelst einer Schraubenmutter wird die feste Verbindung zwischen beiden dargestellt. Auſserdem verbinden noch einige mit Widerhaken versehne Bolzen diesen Stiel mit dem Nuthpfahl. Bei der groſsen Steifigkeit der Spundwände giebt diese Verbindung dem mit der Wendenische versehenen Stiel schon einen ziemlich festen Stand.

Der Druck des Thors erfolgt in der Längenrichtung desselben, wird also nur in der Richtung der Spundwand aufgehoben, und es muſs noch für die gehörige Unterstützung der Wendenische in der Längenrichtung der Schleuse gesorgt werden. Zu diesem Zweck bringt man in der Schleusenwand eine, oder gewöhnlich zwei Streben an. Dieselben sind häufig mit den Wandstielen überblattet, so daſs sie vor die letztern nicht vortreten. Indem sie jedoch hierdurch sehr geschwächt werden, so ist es vortheilhafter, wie oft geschieht, und auch in der Figur angenommen ist, eine besondre Schwelle vor der eigentlichen Wand auf die Grundbalken zu legen. Dieselbe wird in den Ueberkreuzungen eingeschnitten, damit sie nicht verschoben werden kann, auch mittelst

eisernen Klammern mit dem Fachbaum fest verbunden. Auf sie stellt man jene Streben, die in die Schwelle wie in den Stiel der Wendenische durch Versatzung eingreifen und mit gehakten Bolzen an die Wandstiele befestigt sind. Diese Schwelle gewährt zugleich den Vortheil, dafs sie die Wandstiele im Hinterboden, und wenn man sie verlängert, auch in der ganzen Länge der Schleusenkammer gegen das Verschieben sichert, falls die untern Zapfen derselben schadhaft werden. Man kann also bei dieser Anordnung, in derselben Art, wie schon bei Gelegenheit der Wehre §. 45. empfohlen und Fig. 177. *c* auf Taf. XX. dargestellt ist, die Stiele unmittelbar in die Grundbalken verzapfen und sie gegen die davor liegende Schwelle lehnen, wodurch sie einen sichern Stand erhalten.

Obwohl der mit der Wendenische versehne Stiel durch die innige Verbindung mit der Spundwand, so wie auch durch die Verstrebung in der Längenrichtung der Schleuse so befestigt werden kann, dafs er dem Druck des geschlofsnen Thors vollständig Widerstand leistet, so mufs man doch auch den Druck des geöffneten Thors, das an diesem Stiel hängt, berücksichtigen. Zu diesem Zweck ist noch die Anbringung eines Erdankers erforderlich, wie Fig. 293. *a* zeigt. Was die sonstige Verankerung der Wände betrifft, so ist darüber nichts Besondres zu erwähnen.

Die in Fig. 293 dargestellte Anordnung der hölzernen Wände ist nicht die gewöhnliche, wiewohl sie in Beziehung auf Einfachheit und Festigkeit den Vorzug verdient. Oft bringt man nämlich auch bei hölzernen Schleusen vollständige Thornischen an, indem die Wand zur Seite des Hinterbodens sich an den mit der Wendenische versehnen Stiel anschliefst. Man läfst alsdann die Wand der Thornische etwas zurückspringen, die Wand zur Seite des Vorbodens aber wieder in die Richtung der ersten Wand treten. Man pflegt für jede dieser Wände besondre Schwellen zu legen, die neben einander vorbeigreifen, so dafs die letzten Stiele beider Wände sich unmittelbar berühren. Diese Stiele, so wie auch die Holme werden durch Bolzen mit einander verbunden.

Die zuletzt beschriebne Verbindungsart ist nicht nur wegen der mehrfachen Unterbrechung der Wand, sondern vorzugsweise deshalb nachtheilig, weil die erwähnte Verstrebung der Wendenischen, wegen Ueberschneidung der Streben und Stiele weniger gesichert ist. Läfst man dagegen, wie zuerst angegeben, und wie Fig. 293.

zeigt, die Wand in der ganzen Länge der Schleuse in einer Flucht durchgehn, so tritt zwar der Uebelstand ein, dafs die Kammer etwa um 2 Fufs zu breit ist, wodurch theils eine gröfsere Wasser-Consumtion beim Durchschleusen, theils auch ein gröfsrer Zeitaufwand für Letzteres bedingt wird, doch kommen diese Mängel bei hölzernen Schleusen meist weniger in Betracht, da solche doch nie besonders wasserdicht sind, und daher nur gewählt werden, wo Wassermangel nicht zu besorgen ist.

Dem Uebelstande, dafs die geöffneten Schleusenthore an der obern Seite frei stehn, und daher von den durchgehenden Schiffen beschädigt werden können, läfst sich leicht dadurch begegnen, dafs man die Thornischen noch durch besondre Stiele begrenzt, die vor die Wände gestellt und mittelst Bolzen daran befestigt werden, wie die Figur zeigt. Hierdurch wird beim Oberhaupt zugleich die Gelegenheit geboten eine Dammwand anzubringen, und in gleicher Weise kann auch im Hinterboden des Unterhaupts für einen Abschluſs des Wassers bei vorkommenden Reparaturen gesorgt werden. Die Dammbalken unmittelbar an die Wandstiele zu lehnen, verbietet sich dadurch, dafs die Wände der Schleusen, eben so wie die der Freiarchen mit Bohlen verkleidet sind. Diese Verkleidung ist hier aber um so mehr geboten, als man die Wandstiele nicht der Gefahr der Beschädigung durch Einstofsen der Schiffshaken aussetzen darf. Dafs die gegen solche Stiele gelehnte Dammwand keinen vollständigen Schluſs bildet, da namentlich auch die Seitenwände nicht dicht sind, darf kaum erwähnt werden. Diese Wand dient vielmehr nur als Seitenbegrenzung eines Fangedamms.

Es mufs noch bemerkt werden, dafs die so eben bezeichnete und empfohlne Anordnung der Wendenischen zuweilen, und namentlich bei schwachem Holz, die feste Aufstellung der Pfannen für den untern Thorzapfen erschwert. Die Wendenische darf nämlich nicht tief in den Stiel eingreifen, derselbe mufs aber in seiner ganzen Breite auf dem Fachbaum aufstehn, und so kann es leicht geschehn, dafs in der Oberfläche des Letztern kein hinreichender Raum zur Befestigung der Pfanne übrig bleibt. Die Schwierigkeit läfst sich gemeinhin vermeiden, wenn man in die Verbandstücke, welche die Schlagschwellen bilden, die Falze für den Anschlag der Thore so einschneidet, dafs dieselben in der Mittellinie der Schleuse schmaler sind, als an den Enden, und hier die Holz-

stärke noch hinreicht, um die Pfannen darin einzulassen. Andrerseits kann man auch besondre Riegel, ähnlich den bei Holländischen Schleusen üblichen Pfannenträgern anbringen, die mit den Schwellen und Grundbalken verzapft und durch Pfähle unterstützt werden.

Wenn die Seitenwände der Häupter massiv sind, so kommt zunächst die Frage in Betracht, wie stark man sie machen soll. Zuweilen wird die Regel aufgestellt, die Mauerstärke müsse in diesem Fall der Breite des einzelnen Thorflügels gleich sein, und man verlangt dieses sogar, wenn der Verband der Mauern durch keine Umläufe unterbrochen wird. Andrerseits giebt es viele Schleusen, namentlich in England, wo die Mauern der Häupter nicht stärker, als die der Kammern sind. Letzteres ist nicht zu billigen, da die Unterbrechung der Flucht durch die Thornischen, so wie auch der Druck der Thore, und selbst die Erschütterung, die diese leicht veranlassen, nicht unbeachtet bleiben dürfen. Dagegen ist auch die erste Regel unhaltbar, indem die Stabilität einer Mauer bekanntlich durch deren Höhe bedingt wird. Es lassen sich indessen keine allgemein gültige, einfache Regeln aufstellen, wenn sehr verschiedenartige Umstände bald gröfsern, bald geringern Einfluſs üben, und es kann daher nur von der nähern Untersuchung jedes einzelnen Falles abhängen, wie stark man die Mauer machen muſs.

Was über die Brauchbarkeit des verschiednen Mauermaterials bei Gelegenheit der Kammerwände gesagt ist, findet auch auf die Mauern der Schleusenhäupter Anwendung. Die vorspringenden Kanten am Eingange der Schleuse, an beiden Seiten der Thornischen, so wie an den Dammfalzen pflegt man, so weit es geschehn kann, abzurunden, oder zu brechen, und dazu Werkstücke zu wählen, wenn auch der übrige Theil der Mauer aus gebrannten Steinen oder Bruchsteinen besteht. Besonders geschieht das Letztere in den Wendenischen, deren Ausführung besondre Vorsicht erfordert.

Die Wendenische, oder der Theil der Mauer, welchen das geschloſsne Schleusenthor berührt, und wo sich ein wasserdichter Schluſs darstellen soll, bildet eine cylindrische Fläche, die in eine sie berührende Ebne übergeht. Dieselbe Form hat auch der Theil des Thors, der sich dagegen lehnt, denn das Thor ist an der schmalen Seite als halber Cylinder abgerundet. Von der Lage

der Drehungsachse und der Ausdehnug der Berührungsfläche zwischen dem Thor und der Mauer wird ausführlicher die Rede sein, wenn die Befestigung der Thore behandelt wird, hier sollen nur die Methoden beschrieben werden, wodurch man den scharfen und möglichst wasserdichten Schluſs darstellt.

Wenn die Wendenische in Werksteine eingeschnitten ist, so pflegt man letztre vor dem Versetzen nur roh zu bearbeiten, und die Wendenische wird erst später, nachdem dieser Theil der Mauer beendigt ist, und der Mörtel gebunden hat, nach der Chablone und dem Richtscheit sorgfältig ausgehauen, so daſs die in den übereinander liegenden Steinen gebildeten Vertiefungen zusammentreffen. Auſserdem wird die Wendesäule des Thors, nachdem sie vollständig bearbeitet ist, wiederholentlich in die Nische eingepaſst. Durch Bestreichen derselben mit einer dicken Farbe, die in der Nische sich abdrückt, erkennt man leicht diejenigen Stellen der letztern, die am meisten vortreten, und endlich wird die Nische, nachdem sie bereits recht regelmäſsig gestaltet ist, noch ausgeschliffen, indem man ein Stück Eichenholz, dessen Rundung der Wendesäule entspricht, in der Nische dreht und auf- und abbewegt, während nasser Sand darauf geschüttet wird. Die Wendesäule selbst hierzu zu gebrauchen, wie zuweilen geschieht, ist nicht rathsam, indem sie dabei stark leidet.

Gemeinhin bemüht man sich durch Anwendung recht hoher Werkstücke, die Anzahl der Lagerfugen in den Wendenischen möglichst zu vermindern, und es geschieht nicht selten, namentlich bei Niederländischen Schleusen, daſs Steinblöcke von 5 bis gegen 7 Fuſs Höhe dazu verwendet werden. Daſs eine solche Anordnung in Betreff des verschiedenartigen Setzens bedenklich ist, darf kaum erwähnt werden. Zur Befestigung dieser Steine läſst sich die Anwendung eiserner Anker kaum vermeiden. Zuweilen umgeht man aber auch die Einführung des Eisens, indem man diese Werksteine in derselben Weise, wie bereits bei Gelegenheit der Befestigung der vorspringenden Mauerecken erwähnt, mit Nuthen von der Breite eines Klinkers versieht, und die Hintermaurung darin eingreifen läſst. Fig. 294. zeigt diese Anordnung. In vielen Fällen werden beide Vorsichtsmaaſsregeln gemeinschaftlich in Anwendung gebracht. Wenn dagegen die Werksteine in der Wendenische nur die gewöhnliche Höhe der Steinschichten, also etwa von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fuſs haben,

so fehlt die Verankerung, doch wird alsdann jeder Stein mit solchen Nuthen versehn.

In den Französischen und Englischen Schleusen haben die Steine keine bedeutende Höhe. Die erwähnten Nuthen fehlen ihnen, aber die Anwendung eiserner Anker ist dabei sehr gewöhnlich. Bei uns ist man, besonders in neurer Zeit gegen Verankerungen des Mauerwerks mifstrauisch geworden, insofern die Ausdehnung und Verkürzung bei Temperatur-Veränderungen nicht anders als durch Auflockerung der Mörtelfugen sich ausgleicht.

Zuweilen werden die Wendenischen auch ohne Anwendung behauner Steine nur aus hart gebrannten Ziegeln aufgeführt. Bei uns pflegt man in diesem Fall Formsteine zu verwenden, damit die besonders feste Oberfläche oder die Brandkruste erhalten wird. Ein Ausschleifen der Wendenische, nachdem die Mauerarbeit vollendet ist, ist dabei aber immer nothwendig. In manchen und selbst in gröfsern Niederländischen Schleusen fehlt die Werkstein-Einfassung, und ich sah einst in solchem Falle die Wendenische in eigenthümlicher Art aufmauern. Nachdem der hölzerne Schleusenboden fertig war, stellte man sogleich, also noch vor der Aufführung der Mauern, die Thore auf, lehnte sie scharf gegen die Schlagschwellen und hielt sie in ihrer Stellung durch mehrere Streben, die von beiden Seiten dagegen getrieben und genagelt waren. Jeder einzelne Klinker, der in die Fläche der Wendenische trat, wurde alsdann sorgfältig so zugehauen und geschliffen, dafs er sich genau an die Wendesäule des Thors anschlofs, und dieselbe vollständig berührte. Auch die Mörtelfuge erhielt dabei einen scharfen Schlufs. Dieses Verfahren erscheint indessen insofern bedenklich, als die Thore dabei stark austrocknen und leicht sich verziehn, so dafs sie später, wenn das Wasser eingelassen wird, eine andre Form annehmen und nicht mehr scharf schliefsen.

In manchen Fällen wird der dichte Schlufs in massiven Wendenischen noch in andrer Art bewirkt. Bei den Englischen Canalschleusen geschieht es nicht selten, dafs eben so, wie die Thore unten gegen aufgebolzte hölzerne Schlagschwellen schlagen, sie auch zur Seite sich gegen hölzerne Stiele lehnen, worin die Wendenischen ausgeschnitten sind. Diese Stiele werden alsdann durch Schraubenbolzen, die in die Mauer eingelassen sind, befestigt. Wenn ein wasserdichter Schlufs zwischen den Stielen und der Mauer

auf solche Art auch nicht dauerhaft zu bilden ist, so kann man ihn mit Leichtigkeit immer wieder herstellen, sobald starke Lecke sich zeigen.

Auch das Gufseisen ist zu diesem Zweck mehrfach benutzt worden. Nicht nur in England, sondern auch bei uns hat man zuweilen die Wendenischen durch eiserne, rinnenförmig gegossne Platten verkleidet. Fig. 295. *a* zeigt den Querschnitt einer eisernen Wendenische, die beim Bau der Pareyer Schleuse (im Plauenschen Canal) eingesetzt wurde. Die gufseiserne gekrümmte Platte ist in der Wendenische selbst $\frac{1}{2}$ Zoll stark, die zu beiden Seiten vortretenden Lappen, die zur Befestigung dienen, haben dagegen eine Stärke von $\frac{3}{4}$ Zoll. Eiserne Schraubenbolzen, welche die Figur gleichfalls zeigt, sind mittelst Splinten in der Mauer befestigt, und gegen diese wird die Platte durch Schraubenmuttern gehalten. Den wasserdichten Schluſs stellt man dar, indem die Mauer stark und möglichst gleichmäſsig mit Mörtel beworfen, und während dieser noch weich ist, die Platte dagegen geschroben wird. Sollte der Mörtel sich mit der Zeit vom Gufseisen lösen, so muſs die Platte abgenommen und die Mörtelfuge erneut werden.

Vortheilhafter dürfte es sein, die Platte ihrer ganzen Höhe nach mit einer angegossnen Rippe zu versehn, die in einen Falz eingreift. Letzterer wird besonders vorsichtig mit Mörtel gefüllt, und wenn alsdann die Platte aufgeschroben wird, dringt die Rippe in den Mörtel ein, und schlieſst sich scharf gegen denselben an, während sie zugleich, falls Wasseradern sich später eröffnen sollten, das Durchdringen derselben sehr erschwert, indem solche um die Rippe herum flieſsen müssen. Fig. 295. *b* zeigt diese Anordnung im Querschnitt.

Wenn über den zum gewöhnlichen Gebrauch bestimmten Schleusenthoren noch andere, nämlich die sogenannten Sturmthore angebracht sind, welche, wenn sie geschlossen, sich gegen die erstern, wie gegen Schlagschwellen lehnen (Fig. 259. auf Taf. XXXIV.), so müssen für die Sturmthore besondre Wendenischen eingerichtet werden, die jedoch nur bis zu den Rahmstücken der untern Thore herabreichen.

Ueber die Verankerung der Halsbänder, worin die obern Zapfen der Thore sich drehn, wird im Folgenden die Rede sein, hier wäre nur zu erwähnen, daſs es bei uns üblich ist, diese Verankerung

noch zu übermauern, um sie durch starke Belastung sicher in ihrer Lage zu erhalten. Hierdurch entstehn die vortretenden Mauermassen auf den Häuptern, die man gewöhnlich Postamente nennt.

Dafs die Mauern zur Seite der Häupter mit festen Steinplatten entweder in ihrer ganzen Breite oder wenigstens auf dem äufsern Rande überdeckt werden, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Beschreibung einer Vorrichtung zur Unterstützung sehr grofser Schleusenthore, die einem starken Wasserdruck Widerstand leisten sollen, dürfte hier am passendsten ihre Stelle finden. Ein solcher Fall kommt bei den äufsern Schleusen des Nordholländischen Canals vor, und zwar bei denjenigen, die zum Durchgang der gröfsten Schiffe dienen, die also nur selten benutzt werden. Der Unfall, der sich bald nach Erbauung der Buikslooter Schleuse ereignet hatte, wobei nämlich die Thore brachen und die Ueberschwemmung eines grofsen Theils der Provinz Nordholland zu besorgen war, gab Veranlassung zu dieser Maafsregel. Sowohl die Wilhelms-Schleuse, welche auf der Südseite, also aus dem Y den Eingang in den Canal bildet, als auch die nahe dahinter gelegne Schleuse bei Buiksloot, die bei einem leicht zu besorgenden Bruch des äufsern Deiches in Wirksamkeit tritt, haben bei der lichten Weite von 50 Fufs oft einen Wasserstand von 10 Fufs über dem Niveau des Canals abzuhalten. In jeder derselben wurde hinter den Oberthoren, die an der äufsern Seite liegen, noch ein zweiter Drempel in der Höhe des Wasserspiegels im Canal dargestellt, gegen welchen die Thore zur Zeit der Gefahr sich lehnten.

Fig. 296 *a* zeigt diese Anordnung. Ein aus starken Balken gezimmertes Floss schwimmt auf dem Wasser. Indem es etwas schmaler, als die Schleuse ist, so kann es in dieselbe hineingeschoben und nahe an die Thore gelegt werden. Man befestigt es alsdann gegen die Mauern durch zwei senkrecht eingestellte Balken bei *A*, und durch zwei horizontale Streben bei *B*. Für jene, wie für diese, sind die erforderlichen Einschnitte in der Mauer angebracht.

Um das Thor an dieses Floss zu lehnen, reichen an der äussern Seite sechs Paar kurze Balken etwa 1½ Fuss weit über den Rand des Flosses hinaus, und an jedem Paar hängt neben den Thoren an einem durchgesteckten Bolzen ein besonders starker Balken, gegen welchen mehrere Thorriegel sich lehnen. Diese

Balken berühren indessen nicht unmittelbar das Floss, vielmehr bleibt dazwischen jedesmal ein freier Raum von 8 Zoll Weite, und in diesen treibt man, wenn die Thore gestützt werden sollen, Keile aus Eichenholz hinein, wodurch die ganze Verbindung die nöthige Spannung erhält. Die Figuren *b* und *c* zeigen die Stützbalken und Keile, und deren Verbindung mit dem Floss.

Nachdem vorstehend von den hölzernen und massiven Wänden der Schleusenhäupter die Rede gewesen ist, muss noch erwähnt werden, dass in einzelnen, wenn auch seltenen Fällen eiserne Schleusen vorkommen. Auf dem Ellesmere-Canal in Cheshire befanden sich Breston Castle gegenüber einige Schleusen, die zusammen 17 Fuss Gefälle hatten. Sie wurden wiederholentlich unterspült und stürzten ein, indem sie auf sehr lockerm sandigem Boden (Triebsand) standen. Telford entschloss sich, beim Umbau derselben, sie möglichst leicht, nämlich aus gusseisernen Platten aufzuführen. Nach Telford's Aeusserung*) hat diese Anwendung des Eisens sich vollständig bewährt, wenn auch die erste Anlage, unerachtet der dortigen geringen Eisenpreise etwas kostbar war. Jede dieser Schleusen ist 15 Fuss weit, zwischen den Thoren 74 Fuss lang, die Höhe der Wände über dem Unterboden beträgt 15 und über dem Oberboden 6 Fuss. Das Grundwerk besteht aus einem leichten Rost, indem jeder Grundbalken nur durch zwei Pfähle unter den Seitenwänden getragen wird, wie Fig. 263 auf Taf. XXXVI zeigt. Diese Grundbalken sind 15 Fuss von einander entfernt. Die gusseisernen, mit Verstärkungs-Rippen versehnen Bodenplatten reichen von einer Seitenwand bis zur andern, und sind jedesmal 5 Fuss breit, die Seitenplatten dagegen, deren drei über einander stehn, sind 15 Fuss lang und so gestellt, dass die Stossfugen nicht über einander treffen. Die Verankerung ergiebt sich aus der Figur. In den Häuptern setzt sich dieselbe Anordnung fort, die Thornischen, so wie auch die Wendenischen sind durch passend geformte Platten dargestellt, und eben so besteht der Abfallboden aus einer solchen. Die Platten, worauf die Drempel liegen sind mit je zwei aufwärts gekehrten Rippen versehn, zwischen welche die hölzernen Schlagschwellen eingelassen sind. In gleicher Art befindet sich zwischen den zu beiden Seiten des Oberhauptes angebrachten Damm-

*) *Life of Telford.* Seite 37.

falzen ein hölzerner Balken, der wieder zwischen zwei Rippen liegt. Unter demselben steht eine Spundwand, die einzige in der ganzen Schleuse. Der Abfallboden ist mit doppelten Bohlen bekleidet, damit die von unten in die Schleuse einfahrenden Schiffe nicht etwa gegen die gusseiserne Platte stossen.

In den Häuptern der Schleuse befinden sich zuweilen Umläufe, dieses sind Seitencanäle, wodurch die Kammern mit dem Oberwasser, zuweilen auch mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt werden. Bei den meisten Schleusen fehlen sie, indem die Kammern durch Schutzöffnungen in den Thoren gefüllt und geleert werden.

Die obern Mündungen der Umläufe werden stets in den Thornischen angebracht, indem sie nur bei geschlossnen Thoren in Wirksamkeit treten, die untern Mündungen dagegen in den Kammerwänden, zuweilen auch im Abfallboden. Bei den Unterhäuptern liegen sie in den Flügelmauern. Die Sohlen der obern Mündungen befinden sich in der Höhe der Thorkammerböden, während die untern Mündungen unter dem Horizont des Unterwassers austreten.

Auf diese Weise bildet sich in dem Umlauf des Oberhauptes oft ein starkes Gefälle und bei gleichem Querschnitt wird mehr Wasser abgeführt, als durch ein Schütz, das über dem Unterwasser angebracht ist. Die Schleuse füllt sich also schneller, und dieses ist ein Grund, weshalb man zuweilen Umläufe wählt. Ausserdem gewähren dieselben in den Oberhäuptern den Vortheil, dass man die Verbindung niedriger Thore nicht durch Anbringung von Schütz-Oeffnungen schwächen darf, wodurch namentlich die passende Richtung der Streben oft behindert wird. Endlich tritt bei hohen Abfallböden leicht die Gefahr ein, dass das von diesen herabstürzende Wasser sich in die daneben liegenden Schiffe ergiesst. Keiner von diesen Gründen spricht für die Anbringung von Umläufen in den Unterhäuptern, dagegen kann der grössere Querschnitt derselben auch hier die Entleerung der Kammer beschleunigen, und in manchen Fällen, namentlich wenn man cylindrische Röhren benutzt, wird die Anlage der Umläufe, so wie auch die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen derselben so bequem, dass hierin wohl der Grund zu suchen ist, weshalb man sie, besonders in England und zwar in beiden Schleusenhäuptern so häufig ausführt.

Gewöhnlich, und namentlich bei grösssern Schleusen giebt man

den Umläufen solche Dimensionen, dass bei vorkommenden Reparaturen, oder wenn Reinigungen derselben nothwendig sein sollten, Arbeiter hineingehn können. So hat die Fig. 289 auf Taf. XLI dargestellte Schleuse bei Brieskow Umläufe von 3 Fuss Weite und 4½ Fuss Höhe. Sie bilden überwölbte Canäle, welche ganz in der Mauer liegen und sich zu beiden Seiten um den Oberdrempel bis zur Schleusenkammer erstrecken. Sie sind daher im Grundriss scharf gekrümmt und zeigen im Längen-Profil das ganze Gefälle der Schleuse. Wenn man dieses Gefälle gleichmässig auf ihre Länge vertheilt hätte, so wäre ihre Ausführung wegen der Krümmung in der horizontalen Projection sehr erschwert worden, und überdiess hielt man es auch für bedenklich, den ganzen Umlauf dem Angriff der heftigen Strömung auszusetzen. Man bildete daher an einer bestimmten Stelle den Wassersturz und wendete hier alle Vorsicht an, um denselben unschädlich zu machen, während der vorhergehende, sowie der folgende Theil des Canals, worin die Krümmungen liegen, welche der Grundriss zeigt, horizontal geführt ist.

Es ist indessen zweifelhaft, ob der beabsichtigte Zweck durch diese Anordnung erreicht wird. Wenn nämlich der Umlauf ganz mit Wasser angefüllt ist, so wird die Geschwindigkeit des Stroms in demselben umgekehrt der Profilweite proportional sein, weil durch jedes Profil in der Zeiteinheit eine gleiche Wassermenge abgeführt wird. Hat daher der Umlauf in seiner ganzen Länge gleichen Querschnitt, und findet auch die Luft keinen Zutritt zu ihm, so ist die Geschwindigkeit an allen Stellen gleich gross und wird nur durch die Niveaudifferenz zwischen dem Ober- und Unterwasser bedingt.

Bringt man einen solchen Wassersturz an, oder verbindet man die beiden horizontalen Canäle des Umlaufs durch einen lothrecht abfallenden Schacht, so befindet sich das Schütz zuweilen unmittelbar vor demselben. Diese Anordnung ist Fig. 297 auf Taf. XLII dargestellt, vortheilhafter dürfte es jedoch sein, wie auch gewöhnlich geschieht, das Schütz in die Thornische, also in die obere Mündung des Umlaufs zu stellen, weil es alsdann besser beobachtet und in allen Theilen leichter wieder hergestellt werden kann. Man hat bei dieser Anordnung auch mehr Gelegenheit die Gegenstände zu entfernen, die etwa das Schliessen des Schützes verhindern möchten.

Bei der Brieskower Schleuse befindet sich in dem erwähnten Schacht eine verengte Stelle, worin ein gusseiserner Rahmen

befestigt ist. Letzterer hat eine quadratische Oeffnung von 2 Fuss Weite. Die obere Fläche des Rahmens ist abgeschliffen und darauf liegt eine gleichfalls abgeschliffne eiserne Platte, die um eine horizontale Achse an der hintern Seite gedreht und mittelst einer darüber gestellten Winde gehoben werden kann, wie Fig. 298 zeigt. In dieser Figur, wie in der vorhergehenden, bemerkt man auch die starken Granitplatten, womit der Boden unterhalb des Sturzes gesichert ist.

Wenn man Schütze zum Schliessen der Umläufe anwendet, so lehnen diese sich zuweilen gegen Rahmen aus Werkstücken, wie dieses bei den Schleusen am Finow-Canal der Fall ist (Fig. 297). Auch bei den in Holland mehrfach ausgeführten Fächerschleusen, wo die Umläufe nicht entbehrt werden können, geschieht dieses gewöhnlich. Fig. 299 *a*, *b* und *c* zeigt einen solchen Verschluss von vorn, von der Seite und im horizontalen Querschnitt. Die steinernen Seitenstiele sind nicht nur an der innern Seite zum Einlassen des Schützes mit Rinnen versehn, sondern sie haben auch auswärts ähnliche Falze, in welche das Ziegelmauerwerk einbindet. Sie stehn mit Versatzung auf der Schwelle auf, und werden durch zwei in gleicher Weise damit verbundne schmale Steine überdeckt, die als Rahmen das darüber aufgeführte Mauerwerk tragen. Sie lassen aber zwischen sich einen Schlitz frei, durch welchen das Schütz aufgezogen werden kann, und ein solcher setzt sich bis zur Oberfläche der Mauer fort, wo er wiedcr durch zwei Werkstücke eingefasst ist.

Wenn das Schütz sich an der obern Mündung des Umlaufs befindet, so lässt man es häufig gegen einen hölzernen Rahmen lehnen, wobei wegen der geringeren Reibung die Bewegung erleichtert, auch der Schluss dichter wird. Man muss aber in diesem Fall den Rahmen von Zeit zu Zeit erneuen, und demnach seine Befestigung so anordnen, dass dieses ohne Beschädigung des Mauerwerks geschehn kann.

Bei manchen Schleusen sind die Umläufe in der Art angeordnet, dass sie hinter den Thornischen des Oberhauptes sich sogleich senken, ohne die Längenrichtung der Schleuse zu verfolgen, alsdann aber unter den Oberboden treten, und am Fuss des Abfallbodens in die Schleusenkammer münden. Diese Einrichtung ist bei den erwähnten eisernen Schleusen am Ellesmere-Canal gewählt

worden, und zwar bestehn die Umläufe hier, wie Fig. 263 auf Taf. XXXVI zeigt, aus gusseisernen Röhren, die, ohne sich zu verbinden, einzeln in die Schleusenkammer treten. Dasselbe geschieht auch bei andern kleinen Canal-Schleusen in England.

Für die massiven Schleusen des Ellesmeres-Canals wählte dagegen Telford die in Fig. 262 dargestellte Anordnung, welche auch sonst vielfach vorkommt. Dabei verbinden sich die beiden gemauerten Umläufe unter dem Thorkammerboden und treten in einem überwölbten Canal in die Schleusenkammer. In derselben Art hat auch Gauthey*) die Schleusen des Canal du Centre eingerichtet. Die Umläufe bestehn daselbst vor ihrer Vereinigung aus cylindrischen und zwar steinernen Röhren. Von dem dabei gewählten eigenthümlichen Verschluss der Umläufe wird später die Rede sein.

Vielfach geschieht es, dass in einzelnen Canalstrecken der Wasserstand sich besonders stark zu senken pflegt, und in diesem Falle muss man dafür sorgen, den Verlust, so oft es nöthig ist, von oben her zu ersetzen, ohne dass die Schleuse selbst stark durchströmt wird. Man erbaut alsdann daneben besondre Freiarchen, oder wenn es sich nur um mässige Zuströmung handelt, so bringt man auch wohl in der Schleusenmauer den Zuführungs-Canal an, und wenn man diesen mit der Kammer in Verbindung setzt und dafür sorgt, dass er nicht nur an beiden Enden, sondern auch in dieser Verbindung durch Schütze geschlossen werden kann, so bilden sich dadurch zugleich Umläufe für das Ober- wie für das Unterhaupt.

Zu den Häuptern gehören endlich auch noch die Flügelmauern und die hölzernen Flügelwände. Ihre Construction stimmt mit derjenigen der Schälungsmauern und Bohlwerke genau überein. Bei der Bestimmung ihrer Lage und Richtung ist aber vorzugsweise darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Schiffe bequem in die Schleuse einfahren und daraus ausgehn können. Hierüber wird später das Erforderliche mitgetheilt werden.

---

*) *Oeuvres de Gauthey. Tome III.* Paris 1826.

§. 66.

Anordnung der Thore.

Gewöhnlich stehn zwei Schleusenthore einander gegenüber, die, wenn sie geschlossen sind, sich unter einem stumpfen Winkel berühren, oder gegen einander stemmen. Man nennt sie Stemmthore. Bei kleinen Schleusen, namentlich in England, kommen auch häufig einfache Thore vor, welche die ganze Oeffnung überspannen und sich gegen eine einzelne gerade Schlagschwelle, sowie auch gegen Falze in beiden Schleusenmauern lehnen. Endlich findet man, und zwar in Nordamerika, noch Schleusenthore, welche sich nicht um eine senkrechte, sondern um eine horizontale Achse drehn, und beim Oeffnen sich flach auf den Schleusenboden legen. Sie werden auch beim Durchschleusen der Schiffe benutzt, doch haben sie zugleich noch den andern Zweck, grosse Wassermassen durch die Schleuse abzuführen (§. 47, Fig. 193 auf Taf. XXII).

Jedes Schleusenthor, mag es ein Stemmthor oder ein einfaches Thor sein, erleidet, wenn es geschlossen und der Wasserstand zu beiden Seiten verschieden ist, in jedem Theile seiner Fläche unter dem Oberwasser einen gewissen Druck, der normal gegen die Fläche gerichtet ist. Von dem Niveau des Oberwassers bis zu dem des Unterwassers nimmt dieser Druck stätig zu, bis er in der Höhe des Unterwassers sein Maximum erreicht, das sich von hier ab unverändert bis zum untern Rande des Thors fortsetzt. Dieser untere Rand lehnt sich gegen die Schlagschwelle und überträgt auf letztere unmittelbar den Druck, der ihn trifft. In gleicher Art lehnt sich ein Seitenrand jedes Thors an die Wendenische, und auch hier darf man die unmittelbare Uebertragung des Drucks voraussetzen. Bei einfachen Thoren bleibt auf beiden Seiten ein solcher Rand aufser Betracht. Die dem Druck ausgesetzte Fläche des Thors stimmt also mit der Fläche überein, die auf der Seite des Unterwassers nicht verdeckt ist und vom Spiegel des Oberwassers begrenzt wird. Die Stärke des Drucks auf jeden Theil dieser Fläche ist leicht zu finden, und man kann sonach theils den Druck, den

das ganze Thor, theils auch denjenigen, den jeder horizontale Abschnitt desselben von beliebiger Höhe erleidet, berechnen.

Das Thor mufs so fest sein, dafs es diesem Wasserdruck nicht nur an sich widersteht, sondern jeder einzelne Theil desselben darf auch unter dem ihn treffenden Druck nicht brechen und nicht merklich gebogen werden. Es ist nöthig zuvor die Zusammensetzung der Thore anzugeben, ehe nachgewiesen wird, in welcher Weise man vorstehenden Bedingungen genügt.

Das Schleusenthor ist an einer Seite von der Wendesäule, um die es sich dreht, und auf der andern von der Schlagsäule begrenzt, welche bei einem Stemmthor sich gegen die Schlagsäule des zweiten Thors, bei einem einfachen Thor dagegen an einen Vorsprung der Schleusenwand lehnt. Oben befindet sich der obere, und unten der Schwellrahm, der bei geschlossnem Thor an der Schlagschwelle liegt. Diese vier Verbandstücke bilden den Rahmen des Thors. Zur Verstärkung desselben befinden sich darin jedesmal mehrere, und oft eine grosse Anzahl von horizontalen Riegeln, ausserdem häufig auch Mittelstiele und eine oder zwei Streben, welche das Sacken des Thors verhindern. Ueber diesen sämmtlichen innern Verbandstücken fort ist das Thor auf der Seite des Oberwassers durch den Bohlenbelag wasserdicht verkleidet.

Die Bohlen werden in Falze der äussern Verbandstücke eingelassen, so dass das ganze Thor auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine continuirliche Fläche, gewöhnlich eine Ebene bildet, die von den äussern Verbandstücken begrenzt wird. Im Innern dieser Fläche liegen die Bohlen auf den Riegeln und den Mittelstielen auf, wenn von den Streben abgesehn wird. Es fragt sich, ob sie von den Riegeln oder den Stielen sicherer unterstützt werden. Die Stiele greifen in den obern Rahm, übertragen also einen Theil des Drucks, den sie erfahren, auf diesen, und derselbe wird sonach, da er frei liegt, stark in Anspruch geommen. Die Riegel dagegen liegen an beiden Enden entweder auf Vorsprüngen der Schleusen-Wände auf, oder bei Stemmthoren stützen sie sich gegen einander, und übertragen den Druck, dem sie ausgesetzt sind, auf die Wendenischen. Sie bieten also dem Bohlenbelag feste Unterstützungs-Punkte. Berücksichtigt man aber die Verstärkung des Drucks in grössrer Tiefe, so würde man, um allen Theilen gleiche Widerstandsfähigkeit zu geben, unten stärkere Bohlen an-

wenden müssen, als oben wenn dieselben auf den lothrechten Stielen aufliegen. Wählt man dagegen die Riegel zur Unterstützung der Bohlen, die in diesem Falle lothrecht oder doch nur mässig geneigt aufgenagelt werden, so kann man sie leicht, wie bei hohen Schleusenthoren auch immer geschieht, dadurch widerstandsfähiger machen, dass man die untern Riegel näher an einander legt, als die obern. Aus diesen Gründen werden allgemein die Riegel vorzugsweise, und oft sogar ausschliesslich, zur Unterstützung der Bohlen benutzt. Die Stiele sind für diesen Zweck alsdann entbehrlich, wie sie auch in den Niederländischen, Englischen und Französischen Schleusen ganz fehlen.

Die Bohlen sind um so widerstandsfähiger, je kleiner die Längen sind, in welchen sie frei liegen, und hieraus folgt, dass bei gleichem Abstande der Riegel die Bohlen bei senkrechter Stellung am wenigsten der Gefahr des Durchbrechens ausgesetzt sind. Man bringt sie in der That bei auswärtigen Schleusen auch meist lothrecht an. Bei uns dagegen ist es üblich, sie noch als Streben gegen das Sacken der Thore zu benutzen, und sie daher schräge zu stellen.

Sganzin vergleicht*) bei mehreren Schleusen vorzugsweise in französischen Seehäfen den Druck, dem die einzelnen Riegel ausgesetzt sind, mit ihrer Festigkeit gegen das Zerbrechen, und findet, dass das Verhältniss sich durchschnittlich auf ein Drittel, in einem Falle aber, nämlich bei einer Schleuse in Antwerpen, auf mehr als die Hälfte stellt. Er erwähnt zugleich, dass bei Canalschleusen der Druck gewöhnlich nur dem fünften, höchstens dem vierten Theil der Festigkeit gleich zu kommen pflegt.

Wie sehr nach vorstehender Betrachtung auch die Vorschrift sich begründet, dass man die Riegel unter dem niedrigsten Unterwasser näher an einander legen muss, als die obern, so ist doch nicht zu übersehn, dass die obern Riegel andern, und zum Theil sehr bedeutenden Beschädigungen ausgesetzt sind, die bei den untern nicht vorkommen. Hieher gehören vorzugsweise die heftigen Erschütterungen beim Gegenstossen der Schiffe und die schnelle Abnutzung des Holzes, welches in kurzen Zwischenzeiten benetzt

*) *Cours de construction des ouvrages de la navigation des rivières.* Paris 1841. Seite 209.

und dann wieder in der Luft ausgetrocknet wird. Die Erfahrung zeigt auch, dass die Riegel zwischen dem Ober- und Unterwasser am leichtesten brechen. Man wird daher bei Anordnung der Thore diese Umstände gleichfalls berücksichtigen und namentlich sich hüten müssen, diese Riegel durch Ueberschneidung zu sehr zu schwächen.

Es ist bekannt, dass gekrümmte Balken, die mit der Krümmung aufwärts verlegt werden, grössere Lasten tragen, als eben so starke gerade Balken, wenn ihre Enden nicht nur sicher aufliegen, sondern auch in der Längenrichtung so festgehalten werden, dass sie nicht rückwärts ausweichen, also nicht von einander sich entfernen können. Durch dieselbe Anordnung kann man in Stemmthoren sowol die Riegel, als auch den obern Rahm gegen den horizontalen Wasserdruck wesentlich verstärken, wenn man dazu gekrümmte Hölzer verwendet, die so verlegt werden, dass die convexe Seite in horizontaler Richtung dem Oberwasser zugekehrt ist. Jedes Thor bildet alsdann eine Art von horizontalem Gewölbe. Das eine Widerlager desselben ist die Wendenische und das andre die Schlagsäule des gegenüber stehenden Thors. Bei der symmetrischen Anordnung beider Thore, üben sie gleichen Druck gegen einander aus, und jedes hebt sonach den Druck, den es in seiner Längenrichtung erfährt vollständig auf. Mit Rücksicht auf die Construction begnügt man sich mit sehr mässigen Krümmungen der Thore, die meist weit hinter denjenigen zurückbleiben, welche bei ausschliesslicher Berücksichtigung der Festigkeits-Verhältnisse sich als die vortheilhaftesten herausstellen würden*). Im Folgenden werden verschiedene Beispiele solcher gekrümmten Thore theils in Holz- und theils in Eisen-Construction mitgetheilt werden.

Bisher ist vorausgesetzt, dass das Thor, sobald der Wasserdruck darauf wirkt, an beiden Seiten vollständig unterstützt ist, oder dass sowol der obere Rahm, wie auch jeder Riegel an beiden Enden nicht nur fest aufliegt, sondern wenn er gekrümmt ist, auch ein festes Widerlager findet. Dieses geschieht bei einfachen Thoren in der ersten Art, bei Stemmthoren stellen sich die Verhältnisse wesentlich anders. Jedes Stemmthor lehnt sich nur auf einer Seite

*) Zeitschrift des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Vereins. Band V. Seite 59.

an die Wendenische, auf der andern aber an den gegenüberstehenden Thorflügel. Wäre es absolut steif, so würde auch ohne diese letzte Unterstützung schon durch die Wendenische und die Schlagschwelle seine Lage und Form durch den Wasserdruck nicht geändert werden. Der Verband der Thore ist indessen keineswegs von der Art, dass man sie als absolut steif ansehn kann, sie werden vielmehr bei starkem Seitendruck und ungleichmässiger Unterstützung durchbiegen. Eine Folge hiervon ist, dass beide Thore in der Linie, wo sie sich berühren, und namentlich im obern Theil, nach der Seite des Unterwassers herübergedrängt werden, wenn dieses nicht auf andere Weise verhindert wird.

Man begegnet dieser Biegung dadurch, dass man die Thore in ihrem Rücken stützt, so dass jede Verstrebung, welche durch zwei Riegel gebildet wird, auf keiner Seite ausweichen kann, und zwar muss jeder einzelne Riegel, wenn er sich auch nicht unmittelbar an die Seitenmauer stemmt, doch mittelbar durch die Wendesäule vollständig gestützt werden, oder letztere muss in der ganzen Höhe des Thors, sobald dieses geschlossen ist, mit ihrem Rücken die Höhlung der Wendenische berühren.

Der aus dem Zusammenstemmen beider Thore entstehende Druck nach der Längenrichtung derselben ist sehr bedeutend, und zwar um so stärker, je stumpfer der Winkel ist, den die beiden Schlagschwellen einschliessen

Die lichte Weite der Oeffnung AB Fig. 300 auf Taf. XLII sei gleich ω und CD oder die Höhe des gleichschenkligen Dreiecks gleich $\frac{1}{n}\omega$. Ferner bezeichne b den Abstand zweier Riegel, von Mitte zu Mitte gemessen, oder die Höhe desjenigen Theils eines Thors, dessen Druck einen Riegel trifft, h die Druckhöhe des Wassers, welche diesen Druck veranlasst und γ das Gewicht von einem Cubikfuss Wasser. Alsdann wird der ganze Druck, der diesen Theil des Thors trifft, gleich

$$\frac{1}{2}\omega h b \gamma \sqrt{1+\frac{4}{n^2}}$$

sein. Die Hälfte desselben wird durch die Wendenische aufgehoben, die andre Hälfte wirkt am andern Ende des Thors und zwar normal auf dessen Ebne. Dieser Theil des Drucks ist also

$$P = \frac{1}{4}\,\omega h b \gamma \sqrt{1 + \frac{4}{n^2}}$$

Ein eben so starker Druck, der gegen die Ebne des andern Thors senkrecht gerichtet ist, wird von dem letztern ausgeübt. Diesen beiden Kräften müssen die Riegel durch ihre gegenseitige Strebung entgegenwirken. Bezeichnet man den entsprechenden Gegendruck in der Längenrichtung eines Riegels mit Q, so bemerkt man zunächst, dass kein Theil des Drucks P von einem Thore auf das andre sich überträgt, und in jedem Flügel die Kraft Q dem zugehörigen P entsprechen muss. Damit aber in der Richtung der Mittellinie der Schleuse Gleichgewicht stattfinde, muss

$$P \,.\, Cos\ \varphi = Q \,.\, Sin\ \varphi$$

sein, wenn der Winkel CBD oder CAD gleich φ gesetzt wird. Man hat aber auch

$$tang\ \varphi = \frac{2}{n}$$

$$\text{aber } Q = \frac{P}{tang\ \varphi}$$

$$= \frac{1}{2}\,n\,P$$

$$\text{daher } Q = \frac{1}{8}\,\omega\,h\,b\,\gamma\,\sqrt{n^2 + 4}$$

Setzt man beispielsweise

$$\omega = 30 \text{ Fuss}$$
$$h = 10 \text{ Fuss}$$
$$b = 3 \text{ Fuss}$$
$$\text{und } n = 4$$

so wird, da $\gamma = 61{,}73$ Pfd. ist, der Druck in der Längenrichtung des Riegels, oder

$$Q = 31047 \text{ Pfd.}$$

betragen, d. h. etwas über 310 Centner.

Es ergiebt sich hieraus, dass die Wendesäule, auf welche der Druck des Riegels sich zunächst überträgt, durchbiegen wird, wenn sie nicht in ihrer ganzen Höhe, oder wenigstens an den Stellen, wo die Riegel in sie eingreifen, sich unmittelbar an die Wendenische lehnt. Die sämmtlichen Riegel wirken aber auf sie in gleicher Richtung, so dass die Pressungen sich summiren. Der

untere Rahm liegt an der Schlagschwelle, der auf ihn treffende Druck verschwindet daher, und dadurch wird auch der untere Thorzapfen entlastet. Wenn dagegen auf die obern Thorzapfen die Pressungen aller Mittelriegel und des obern Rahms nach Maassgabe der Abstände übertragen werden, so liegt die Gefahr eines Bruchs sehr nahe. Diese Gefahr wird aber oft durch Zufälligkeiten noch vergrössert. Wenn z. B. die Oberthore einer Schleuse nicht vollständig geschlossen sind, während man die Schütze in den Unterthoren bereits öffnet, so schlagen jene mit Heftigkeit zusammen, und dann geschieht es leicht, dass der obere Zapfen, oder sein Halsband, oder die Verankerung desselben bricht, falls auf diese Theile der ganze Stoss übertragen wird. Bei See-Schleusen verursacht überdiess der Wellenschlag oft ein heftiges Zuschlagen der Thore. Wenn nämlich der Wasserstand in der Kammer mit dem äussern übereinstimmt, so schliessen sich die Thore bei jeder Welle, und öffnen sich sogleich wieder, wenn unmittelbar darauf die Vertiefung zwischen zwei Wellen herantritt. Ein solches Auf- und Zuschlagen der Thore ist höchst gefährlich, es lässt sich aber zuweilen, nicht vermeiden. Um so nöthiger wird daher hier die Vorsicht, die Wendesäulen unmittelbar gegen die Wendenischen zu stützen.

Als die Schleuse bei Buiksloot in der Nähe der südlichen Mündung des Nordholländischen Canals kaum fertig war, trat in ihr ein solches Auf- und Zuschlagen der äussern Thore ein. Das eine Halsband brach, die Thore schlugen um und trafen auf das zu ihrer Unterstützung dahinter gestellte zweite Thorpaar, welches sie zerschlugen. Sogleich bildete sich ein heftiger Strom in das Binnenland, der eine sehr verderbliche Inundation in dem südlichen Theile der Provinz Nordholland besorgen liess. Indem eine Menge Arbeiter in der Nähe beschäftigt, auch Baumaterial jeder Art vorhanden war, so gelang es, den Strom zu stopfen und die Niederung zu retten. Die Schleusenthore lehnten sich aber in dieser, wie in allen Schleusen des Nordholländischen Canals nur stumpf gegen den flachen Rand der Wendenische, ohne mit der Wendesäule die Kehle der Nische zu berühren. Fig. 296 auf Taf. XLII deutet die Lage des geschlossnen Thors in der Wendenische an, und dieser Umstand war wohl vorzugsweise Veranlassung des Bruchs. Auf den obern Zapfen übertrug sich der ganze Seitendruck der Riegel, und die Verankerung löste sich, indem die Steine, welche

die Splinte der Anker stützen sollten, zum Theil herausgeworfen wurden. Dazu kam freilich noch der ungünstige Umstand, dass der Mörtel sehr schlecht war. Man konnte denselben aus den entblössten Fugen leicht auskratzen und zwischen den Fingern zerreiben. Statt Trass anzuwenden, wie sonst geschieht, hatte man bei diesen wichtigen Bauten nur eine Art Ziegelmehl, nämlich gebrannten Schlick aus dem *Y* benutzt.

Bei Beschreibung des Canals von Briare macht Schulz auf die Nothwendigkeit einer solchen Stemmung der Schleusenthore schon aufmerksam*) und bezeichnet diese Unterlassung als Ursache, dass dort so viele Zapfen und Halsbänder gebrochen sind. Die Aufstellung dieser Thore war eigenthümlich. Die Drehungsachse befand sich nämlich hinter der Wendesäule, indem eine eiserne Oese in der Verlängerung der Mittellinie des Thors angebracht war, und zwei ähnliche oberhalb und unterhalb der erstern aus der Mauer vortraten, die mittelst eines runden Bolzens das Charnier bildeten, in welchem das Thor sich drehte. Die Wendesäule durfte dabei gar nicht cylindrisch bearbeitet sein, indem sie sich nur flach gegegen die ebne Fläche der Mauer lehnte. Es übertrug sich also der starke Seitendruck der Thore auf die Charniere.

Perronet hatte beim Bau der Schleusen des Canals von Bourgogne**) schon die Bedingung aufgestellt, dass die Mittellinien der Thore, sobald sie geschlossen, die Wendenischen berühren müssten. Bei den Englischen Schleusen, und zwar eben sowohl bei den grössten, wie bei den kleinsten, wird durch die eigenthümliche Anordnung des Halsbandes hierfür vollständig gesorgt. Das Halsband umfasst nämlich den Zapfen des Thors nur auf der vordern Seite, die hintere Hälfte des Halsbandes fehlt ganz, kann also dem erwähnten Druck des Thors keinen Widersand leisten. Sobald demnach die Pressung in der Längenrichtung eines Thorflügels eintritt, wird letzterer von selbst soweit zurückgedrängt, bis er sich der Kehle der Wendenische fest anschliesst.

Der Grund, weshalb man diese Regel in vielen Fällen nicht befolgt, ist wohl darin zu suchen, dass man die Reibung zwischen der Wendesäule und der Wendenische vermeiden

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architektur. Seite 180.
**) *Oeuvres de Perronet.* Paris 1788. Seite 453.

will. Es ist kaum anzunehmen, dass diese Reibung sehr erheblich sein sollte, da bei der gewöhnlichen Einrichtung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder die Thore nicht um eine genau schliessende Achse sich drehn, vielmehr sehr bald die Zapfen, sowie auch die Halsbänder sich etwas ausschleifen, und die Thore daher nicht mehr scharf an der Wendenische anliegen, sobald der Wasserdruck aufhört. Man kann sich von der Richtigkeit dieser Bemerkung leicht überzeugen, wenn man das Schliessen der Thore beobachtet. So lange der Wasserstand von beiden Seiten gleich ist, hängen die Thore etwas über, und die beiden Schlagstiele berühren sich nur oben, während man häufig die Fuge zwischen beiden Thoren deutlich wahrnehmen kann, die sich von oben nach unten erweitert. Wenn dagegen der Wasserstand auf der obern Seite gehoben, oder auf der untern Seite gesenkt wird, so bemerkt man, dass plötzlich beide Thore die senkrechte Stellung annehmen, indem jene Fuge sich schliesst, und die Thore scharf gegen die Wendesäulen gepresst werden. Hiernach ist die Anordnung, wonach die Wendenischen wie die Wendesäulen übereinstimmende cylindrische Flächen bilden und die Drehungsachse mit der cylindrischen Achse zusammenfällt, wohl zulässig. Der scharfe Schluss tritt nur ein, wenn der Wasserdruck wirksam ist, er fehlt also während der Drehung des Thors, und die Reibung ist in dieser Zeit nicht so stark, dass man, um sie zu vermeiden, die sehr wichtige Rücksicht auf die gehörige Unterstützung der Thore gegen den Seitendruck unbeachtet lassen müsste.

Man kann indessen diese Reibung für den grössten Theil des Weges, den das Thor bei der Drehung beschreibt, noch dadurch vermindern, dass man die Drehungsachse etwas von der Achse der cylindrischen Fläche der Wendesäule entfernt. Bei den Schleusen des Canals von St. Quentin fand Schulz im Jahre 1804 diese Anordnung schon vor. Eytelwein empfiehlt in seiner praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst dieses Versetzen der Drehungsachse, und es ist seitdem bei uns allgemein üblich geworden. Es besteht in Folgendem.

Man zeichne das Thor in beiden Stellungen, nämlich während es geschlossen und ganz geöffnet ist, wie Fig. 301 in *A* und *B* zeigt. In der Stellung *B* steht es parallel zur Mittellinie der Schleuse, und es ist dabei in dieser Richtung so weit zurückgezogen, als man

es zur Verhinderung jener Reibung von der Wendenische entfernen will. Der Mittelpunkt der cylindrischen Fläche der Wendesäule ist dabei von D nach D' gerückt. Damit der Mittelpunkt bei der Drehung des Thors diesen Weg beschreibt, muss die Drehungsachse in der Linie GH liegen, die man in der Mitte der Punkte D und D' auf deren Verbindungslinie senkrecht zieht. Nur in diesem Fall sind die Abstände dieser Punkte vom Drehungspunkt einander gleich. Ausserdem müssen aber auch die aus D und D' nach diesem Drehungspunkt gezogenen Linien also CD und CD' einen Winkel bilden, welcher dem Drehungswinkel des Thors gleich ist, weil bei der ganzen Drehung der Punkt D nach D' kommen soll. Um diese letzte Bedingung zu erfüllen, ziehe man die Mittellinien AK und BD des Thors. Der Winkel BDK ist das Complement des Drehungswinkels, und halbirt man denselben durch die Linie DE, so wird C die Stelle der gesuchten Drehungsachse bezeichnen. Jeder der beiden Winkel bei D und D' in dem kleinen Dreieck ist nämlich nach der Construction gleich der Hälfte des Complements des Drehungswinkel, der Winkel DCD' stimmt also mit diesem Drehungswinkel überein.

Verlängert man die Linie BD bis zur Thornische, so ist $D'D = F'F$ oder dem grössten Abstande des geöffneten Thors von der Thornische gleich, weil beide Punkte in den mit gleichen Radien beschriebnen Kreislinien und in der Verbindungslinie beider Mittelpunkte derselben liegen. Gewöhnlich beschränkt man diesen Abstand auf einen halben oder äussersten Falls auf einen ganzen Zoll. In der Figur ist im Verhältniss zur Stärke des Thors eine viel bedeutendere Versetzung angenommen, weil die Coustruction bei dem kleinen Massstabe sonst nicht deutlich hätte dargestellt werden können.

Die Verbandstücke der Thore bestehn gewöhnlich aus Holz, doch hat man wegen der Vergänglichkeit desselben mehrfach auch Gusseisen und später auch gewalztes Eisen dazu verwendet. Obwohl die einzelnen Theile der Thore bereits beiläufig erwähnt sind, so scheint es angemessen, sie in einer vollständigen Zusammenstellung noch zu bezeichnen. Ich nehme dabei Bezug auf Fig. 302 *a* und *b*, woselbst sie sämmtlich angegeben sind, *a* ist die Ansicht vom Oberwasser, und *b* die Ansicht vom Unterwasser.

Die Wendesäule bildet entweder unmittelbar oder mittelst

eingesetzter eiserner Zapfen die Drehungsachse des Thors, und steht in der Wendenische. In den beiden Figuren *a* und *b* befindet sie sich auf den äussern Seiten. Sie ist nach der Fläche eines halben Cylinders bearbeitet, an welche sich die dem Oberwasser zugekehrte Fläche des Thors tangential anschliesst, wie der horizontale Durchschnitt *c* zeigt.

Die Schlagsäule, welche beide Figuren *a* und *b* auf den einander zugekehrten Seiten zeigen, steht der Wendesäule gegenüber. Wenn die Thore geschlossen sind, müssen die Schlagsäulen sich scharf berühren und einen wasserdichten Abschluss bilden. Um dieses vollständiger zu erreichen pflegt man, wie der horizontale Querschnitt *c* zeigt, die äussere Ecke abzustumpfen, damit die Berührung in einer Fläche von mässiger Breite erfolge. Häufig lässt man den Kopf der Schlagsäule 1½ bis 2 Fuss über den obern Rahm vortreten, indem die Zugstangen oder die sonstigen Vorrichtungen, wodurch das Thor geöffnet und geschlossen wird, hier befestigt werden. Ausserdem werden die beiden vortretenden Köpfe auch wohl durch umgeschlungene Ketten verbunden, um das Auf- und Zugehn der Thore und das Zusammenschlagen derselben zu vermeiden, wenn der Wasserstand auf beiden Seiten derselbe ist, und sonach kein äussrer Druck statt findet.

Der untere Rahm oder Schwellrahm lehnt sich, sobald das Thor geschlossen ist, unmittelbar gegen die Schlagschwelle, an welche er gleichfalls wasserdicht sich anschliessen muss. Derselbe bildet mit der Wendesäule, Schlagsäule und dem

obern Rahm den Umfassungsrahmen des ganzen Thors. In manchen Fällen und namentlich bei kleinen Thoren setzt sich der obere Rahm über die Wendesäule fort, und der über die Schleusenwände vortretende Theil desselben, der Drehbaum genannt, (Fig. 262 und 264 auf Taf. XXXVI) dient alsdann theils zum Oeffnen und Schliessen des Thors, theils aber auch zum Gegengewicht, um das Sacken zu verhindern.

Die Thorriegel liegen zwischen dem obern und untern Rahm parallel zu denselben, und sind oft von beiden gar nicht verschieden. Nach dem oben Angeführten muss man sie als diejenigen Verbandstücke ansehn, auf welchen die Festigkeit des Thors vorzugsweise beruht. Sie treten häufig, wie Fig. 302 *c* zeigt, vor die Fläche des Umfassungtrahmens und zwar auf der nach dem Un-

terwasser gekehrter Seite bedeutend vor, um durch die grössere Holzstärke dem Wasserdruck einen kräftigen Widerstand entgegen zu setzen. Dieser Zweck wird, wie bereits erwähnt, um so vollständiger erreicht, wenn ihre vortretenden Enden sich unmittelbar theils gegen die Wendenischen und theils gegen einander lehnen, und sonach je zwei Riegel in einem Thorpaar für sich ein horizontales Sprengewerk bilden. Diese Anordnung kommt indessen nur selten vor, gewährt auch wohl für die Dauer keine grössre Sicherheit, indem das Hirnholz an den Enden der Riegel bald leidet.

Die Strebe, welche in den Fufs der Wendesäule und in den obern Rahm eingreift, hat den Zweck, das Sacken des Thors zu verhindern. Sie fehlt daher, sobald dieses Sacken auf andre Art vermieden wird. In manchen Fällen werden die Thore, besonders wenn sie sehr breit sind, durch zwei auch wohl durch drei parallele Streben unterstützt, von denen die obere von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte des obern Rahms reicht. In England sind die Streben nicht üblich.

Mittelstiele, welche die Höhe des Thors haben, und alle Riegel, so wie auch die Strebe kreuzen, kommen anderweitig nicht vor, sind vielmehr nur im nördlichen Deutschland üblich. Es ist bereits davon die Rede gewesen, dafs sie nicht nur zur Verstärkung der Thore nichts beitragen, sondern letztere nur unnöthig belasten und sogar schwächen, indem die Riegel in den Kreuzungen überschnitten werden müssen. Besonders nachtheilig wäre es, wenn die Kreuzung eines Mittelstiels mit derjenigen der Strebe auf derselben Stelle eines Riegels zusammenfiele, wodurch letzterer um so tiefer eingeschnitten werden müfste. Man vermeidet dieses, indem man theils die Riegel, theils auch die Strebe so anordnet, dafs die Kreuzungen nicht zusammenfallen. Es ist aber nicht in Abrede zu stellen, dafs dadurch diese Verbandstücke zuweilen eine weniger zweckmäfsige Lage erhalten. Mittelstiele, welche nur von dem untern Rahm bis zum nächsten Riegel, oder von diesem bis zum folgenden reichen, kommen auch bei Niederländischen, Französischen und Englischen Schleusen vor. Der eben erwähnte Nachtheil tritt bei ihnen nicht ein, indem sie die Riegel nicht überschneiden. Sie dienen alsdann nur zur Einfassung der Schützöffnung.

Die benannten Verbandstücke werden auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors mit einer Bekleidung versehn,

welche die sämmtlichen Felder, mit Ausnahme der Schützöffnung wasserdicht schliefst. Die äufsere Oberfläche der Bekleidung bildet eine Ebne, oder zuweilen auch eine cylindrische Fläche. Gemeinhin bringt man sowohl bei hölzernen als auch bei eisernen Thoren eine hölzerne Bekleidung, aus einfachem Bohlenbelage bestehend, an, nur bei unsern Schleusen ist der doppelte Bohlenbelag üblich. In neuster Zeit hat auch das Eisen hierbei Anwendung gefunden, indem die Felder zwischen den eisernen Riegeln durch starke Bleche geschlossen werden.

Bei Beschreibung der Thore ist auch der Laufbrücken auf denselben zu erwähnen, die theils dem Publikum zur Benutzung überlassen werden, theils aber beim Durchschleusen der Schiffe, und namentlich zum Oeffnen der Schütze in den Thoren nicht entbehrt werden können. Wenn eine starke Passage über das Thor zu erwarten ist, so müssen diese Brücken nicht nur die erforderliche Breite haben, damit man an den Windevorrichtungen bequem vorüber gehn kann, sondern auch zu beiden Seiten mit leichten Geländern versehn sein. Da sie über die Seitenflächen der Thore vortreten, so verlegt man sie auf die Seite des Oberwassers, wo sie beim Oeffnen der Thore den Raum für den Durchgang der Schiffe nicht beengen, sondern sich über die Seitenmauern der Schleuse stellen. Es kommt sogar vor, dafs Fahrbrücken auf den Thoren angebracht werden. Dieses ist der Fall bei dem einfachen eisernen Thor in der 40 Fufs weiten Dockschleuse bei Alloa in Schottland. *) Dieses Thor ist indessen ganz anders construirt, und besteht in einem 12½ Fufs breiten Blechkasten, der nur so weit mit Wasser gefüllt wird, dafs der hydrostatische Druck ihn zum Theil trägt, während er aufserdem auf 18 Rollen ruht, die auf Eisenschienen laufen. Die Brücke setzt sich auch rückwärts in einem kurzen Flügel, wie eine Drehbrücke fort.

Ferner ist die Befestigung der Thore von grofser Wichtigkeit. Die Drehung erfolgt um die Wendesäule, doch würde die unmittelbare Benutzung derselben als Drehungsachse eine starke Reibung und Abnutzung veranlassen, woher man sie auf einen eisernen oder stählernen Zapfen im Schleusenboden stellt, der in einer eisernen oder metallnen Pfanne ruht. Auch oben wird häufig ein

*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1864. p. 40.

ähnlicher Zapfen angebracht, und das Halsband, welches denselben, oder auch wohl den runden Hals der Wendesäule umfafst, mufs nicht nur sicher in der Schleusenwand befestigt, sondern auch mit einer Vorrichtung versehn sein, welche ein Oeffnen oder Abheben desselben gestattet, damit man die oft erforderlichen Reparaturen der Thore vornehmen kann, ohne die Mauern abbrechen zu dürfen.

Das Schleusenthor ist aber noch in andrer Weise zu unterstützen. Es kann nämlich in demselben, da es nur auf einer Seite gehalten wird, ein höchst nachtheiliges Sacken entstehn. Um dieses zu verhindern, hat man verschiedenartige Mittel angewendet, von denen eines, nämlich die Strebe, bereits erwähnt ist, von den sonstigen Unterstützungen, so wie auch von den Schützen, den dazu gehörigen Winden und den Vorrichtungen zum Oeffnen der Thore wird im Folgenden die Rede sein.

§. 67.

Hölzerne Schleusenthore.

Hölzerne Thore sind im Allgemeinen mit geringeren Kosten, als eiserne darzustellen, vor den mit gufseisernen Verbandstücken versehenen haben sie auch den Vorzug, dafs sie nicht so leicht brechen, wenn Schiffe dagegen stofsen. Die Vergänglichkeit des Holzes, namentlich in den obern Theilen, die abwechselnd dem höhern und dem niedrigeren Wasserstande ausgesetzt werden, veranlafst indessen häufige Reparaturen und Erneuerungen, und dazu kommt noch, dafs sehr hohe Thore, die selten benutzt werden, wie etwa die Fluththore (§. 63.), leicht die Form verändern, und wenn sie gebraucht werden sollen, nicht zum Schlufs gebracht werden können.

Um den hölzernen Schleusenthoren eine möglichst lange Dauer zu sichern, mufs man nicht nur gesunde und recht geradefasrige Holzstücke, sondern diese auch aus Holzarten wählen, die besonders fest sind und beim Wechsel der Nässe und Trockenheit am wenigsten leiden. Die Anwendung des Eichenholzes ist aus diesen Gründen ziemlich allgemein, wiewohl zuweilen einzelne

Theile der Thore auch aus kernigem Kiefernholz mit Vortheil dargestellt werden können.

Um einer Formveränderung der Thore, soweit es geschehn kann, vorzubeugen, mufs man nicht nur für eine möglichst solide Verbindung sorgen, die das Verziehn oder Werfen einzelner Stücke verhindert, sondern man mufs auch geradefasrige Hölzer wählen, die nicht stark über den Spahn geschnitten sind. Hierbei kommt indessen noch ein wesentlicher Umstand in Betracht, der zuweilen übersehn, oder dessen Wirkungen unrichtig beurtheilt werden. Das Schleusenthor bleibt nämlich theilweise immer in Berührung mit dem Wasser, und in vielen Fällen, namentlich bei Canälen mit unverändertem Wasserstande werden die Oberthore fortwährend fast in ihrer ganzen Höhe benetzt. Bei den Untherthoren geschieht dieses beim jedesmaligen Füllen der Kammer. Die Thore können daher, solange sie im Gebrauch sind, niemals ganz austrocknen. Wenn daher stark ausgetrocknetes Holz bei Anfertigung neuer Thore angewendet wird, so ist eine Formveränderung und zwar schon unmittelbar nach dem Einhängen derselben unvermeidlich. Der scharfe Schluss gegen die Wendenischen und Schlagschwellen, so wie auch der beiden Thore unter sich wird aufgehoben, und ausserdem treten, namentlich beim Quellen der Bekleidung Spannungen ein, welche die Festigkeit der ganzen Verbindung beeinträchtigen. Man meint häufig, aus diesem Quellen den Vortheil zu ziehn, dass das Thor um so dichter werden soll, aber dieser Vortheil ist durch sorgfältige Bearbeitung schon vollständig zu erreichen. Ausserdem ist man gewohnt, zur bessern Conservirung des Holzes, dasselbe zu theeren, und da es in andern Fällen allerdings bedenklich ist, einen Ueberzug, der das Austrocknen verhindert, auf nasses Holz aufzubringen, so glaubt man auch in diesem Fall zuvor für eine recht vollständige Austrocknung sorgen zu müssen, was sich wohl nicht rechtfertigt, während der Nutzen des Theerens in diesem Fall überhaupt zweifelhaft bleibt.

Das Quellen des Holzes bei zutretender Nässe zeigt sich vorzugsweise in der Querrichtung der Fasern, indem dieselben sich etwas von einander entfernen. In der Längenrichtung der Fasern ist es dagegen nur geringe, und scheint bei einigen Holzarten ganz zu fehlen. Die Riegel der Schleusenthore werden demnach wenig oder gar nicht verlängert, dagegen dehnt sich die Wendesäule und

die Schlagsäule in ihrer Breite oder in der Längenrichtung des Thors aus. Bei ersterer ist dieses besonders merklich, da sie gemeinhin 18 Zoll oder drüber breit ist. Ausserdem drängt die Bekleidung die beiden benannten Verbandstücke aus einander, so weit es geschehn kann, und in Folge dieser verschiednen Ursachen verlängert sich jeder einzelne Thorflügel, wenn er ganz trocken eingehängt war. Die beiden Flügel berühren sich demnach schon, ehe sie die Schlagschwellen treffen, und es bleibt eine Fuge unter den Thoren offen, durch welche ein starker Strahl mit Heftigkeit hindurchspritzt.

Die einzelnen Verbandstücke der Thore sind schon benannt worden. Bei unsern Fluss- und Canalschleusen kommen sie meist sämmtlich vor und zwar in der Art, wie Eytelwein in der praktischen Anweisung zur Wasserbaukunst ihre Zusammensetzung beschrieben hat.

Fig. 302 *a*, *b* und *c* stellt ein solches Schleusenthor dar, nämlich *a* von der Seite des Oberwassers, und zwar mit der innern, jedoch ohne die äussre Bekleidung, *b* von dem Unterwasser aus gesehn und *c* von oben. Zur Beurtheilung der in den Figuren gewählten Dimensionen muss noch bemerkt werden, dass das Schleusenhaupt, worin dieses Thor sich befindet, 21 Fuss weit ist.

Die Zusammensetzung der Verbandstücke ergiebt sich grossentheils aus den Figuren. Wo zwei Stücke sich kreuzen, sind beide überschnitten, doppelte Ueberkreuzungen an derselben Stelle werden stets vermieden, wodurch die Stücke zu sehr geschwächt werden würden. Auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite befindet sich die Bekleidung des Thors, welche auf den Riegeln, den Mittelstielen und der Strebe aufliegt, dagegen in diejenigen Verbandstücke eingelassen ist, welche den äussern Rahmen bilden. Hiernach treten die Schlag- und Wendesäule, sowie der obere und untere Rahm um die Stärke der äussern Bekleidung vor den innern Verbandstücken auf dieser Seite des Thors vor. Im vorliegenden Beispiele beträgt die Stärke der äussern Bekleidung 1 Zoll.

Auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thors liegen die Verbandstücke frei, ihre äussern Seitenflächen fallen hier aber nicht in eine Ebne, da sie nicht sämmtlich dieselbe Stärke haben. Die Riegel, die besonders stark sein müssen, greifen über alle übrigen Verbandstücke fort, Die Strebe bleibt gleichfalls hinter den

Riegeln zurück, tritt aber vor die Mittelstiele vor, und greift ausserdem mit beiden Enden über die Wendesäule und den obern Rahm Die Mittelstiele treten vor die äussern Verbandstücke nicht vor.

Diese äussern Verbandstücke sind, normal gegen die Ebne des Thors gemessen, 10 Zoll stark. Die Stärke der Mittelstiele ist um 1 Zoll geringer, indem die äussre Bekleidung darauf liegt. Die Strebe tritt auf der Seite des Unterwassers um 2 Zoll, und jeder Riegel um 4 Zoll vor die Mittelstiele und die äussern Verbandstücke vor. Die Strebe ist demnach 11 Zoll und die Riegel sind 13 Zoll stark. In den Kreuzungen der Mittelstiele und Riegel mit der Strebe sind erstere 5 Zoll, letztere ist dagegen nur 4 Zoll eingeschnitten. Andrerseits sind die Mittelstiele, wo sie die Riegel treffen, 4 Zoll und die Riegel 5 Zoll eingeschnitten. Es ergiebt sich hieraus, dass die Riegel stark geschwächt werden.

Die sämmtlichen Verbandstücke mit Ausnahme der Wende- und Schlagsäule sind an jedem Ende mit doppelten Zapfen versehn. Ausserdem haben die Riegel und die Strebe noch Blattzapfen, womit sie über die Wende- und Schlagsäule und den obern Rahm greifen. Ferner ist die Strebe sowohl oben, als unten mit einer einfachen Versatzung versehn, und dasselbe findet auch an beiden Enden des obern und untern Rahms statt. Endlich pflegt man auch die Riegel 2 Zoll länger als den Zwischenraum zwischen der Schlag- und Wendesäule zuzuschneiden, und sie an jeder Seite einen Zoll tief in die letzterwähnten Verbandstücke einzulassen.

Die Wendesäule ist 18 Zoll breit, da sie das Thor trägt. Dass die Schlagsäule an derjenigen Seite, welche von der Wendesäule abgekehrt ist, schräge abgeschnitten wird, damit beide Wendesäulen, wenn die Thore geschlossen sind, in der Mittellinie des Hauptes sich berühren, ist bereits erwähnt. Häufig findet diese Berührung aber nicht in der ganzen Stärke der Schlagsäulen, sondern nur in einer Fläche von etwa 4 Zoll Breite statt, wodurch der Schluss genauer dargestellt werden kann. Endlich wäre noch zu erwähnen, dass man dem mittleren Theile des untern Rahms gemeinhin auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine um 4 Zoll grössere Stärke giebt, damit das Schütz oder die Schossthüre auf dieser Verstärkung, wie auf einem Fachbaum aufsteht. Es ist indessen ohne Nachtheil, ein Bohlenstück zu diesem Zweck an den untern Rahm zu nageln.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dass alle Verbandstücke mit grosser Sorgfalt bearbeitet und die Zapfen, Zapfenlöcher und Versatzungen scharf schliessend zugeschnitten und ausgestossen werden müssen. Man pflegt aber, um das Eindringen des Wassers in die Zapfenlöcher zu verhindern, diese sowohl, wie auch die Zapfen und überhaupt alle sich berührenden Holzflächen mit heissem Theer zu bestreichen.

Bei der Zusammensetzung dieses Thors werden zuerst die beiden Mittelstiele mit der Strebe verbunden, alsdann bringt man die Riegel und die beiden Rahme auf. Zuletzt wird die Schlagsäule und Wendensäule eingesetzt. Alle Zapfen werden sodann mit einem oder zwei hölzernen Nägeln befestigt.

Nunmehr bringt man die Hauptbeschläge an, damit bei dem scharfen Eintreiben der Bohlen die Verbandstücke nicht aus einander gedrängt werden. Diese Beschläge bestehn, wie die Figuren zeigen, aus einem Bügel und sechs Winkelbändern. Der erste umfasst das obere Ende der Wendesäule und greift auf jeder Seite etwa 2 Fuss weit über den obern Rahm, die drei übrigen Ecken auf jeder Seite des Thors werden mit den sechs Winkelbändern versehn. Diese Beschläge werden sämmtlich in das Holz eingelassen. Die Winkelbänder an der dem Unterwasser zugekehrten Seite liegen hinter den Blattzapfen der Strebe. Zu bemerken ist hierbei noch, dass der eiserne Zapfen am obern Ende der Wendesäule, von dem später die Rede sein wird, schon vor dem Aufbringen des Bügels eingesetzt werden muss.

Die sämmtlichen beschriebnen Beschläge sind so angebracht, dass sie auf beiden Seiten des Thors sich genau gegenüberstehn, sie werden durch Schraubenbolzen oder verniethete Bolzen unmittelbar mit einander verbunden. Zur Unterstützung des Bügels, der die wichtigste Verbindung darstellt, pflegt man noch die obere Fläche des Oberrahms und in den vortretenden Kopf der Wendesäule eine gekröpfte Schiene einzulassen, welche auf den Oberrahm durch starke Nägel befestigt, und an der Wendesäule durch einen übergestreiften eisernen Ring gehalten wird. Diese Verbindung ist indessen von wenig Nutzen. Der erwähnte Ring verhindert dagegen das Reissen des Holzes und wird daher eben sowohl am obern, wie am untern Ende der Wendesäule angebracht. Auch pflegt man über den Kopf der Schlagsäule einen ähnlichen Ring zu ziehn.

Ausserdem werden noch, nachdem der Bohlenbelag aufgebracht ist, über denselben, also auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors, kurze Schienen eingelassen, welche jeden Riegel sowol mit der Wendesäule, wie mit der Schlagsäule verbinden. Oft haben diese Schienen auch eine T-förmige Gestalt, so dass sie die Säulen auf grössere Länge fassen. Ihre Befestigung erfolgt durch Schraubenbolzen.

Das im Vorstehenden beschriebne Thor wird bei uns gewöhnlich mit einer Bekleidung aus doppeltem Belage versehn. Diese Dielen werden auch nicht stumpf aufgenagelt, sondern greifen mit Falzen oder halber Spundung über einander. Man glaubt hierdurch eine vollständige Wasserdichtigkeit zu erreichen, es ist aber nicht zu verkennen, dass die Arbeit mühsamer, also kostbarer und der Belag zugleich weniger dauerhaft ist, als wenn man denselben aus einfachen Bohlen von der Stärke der beiden Lagen dargestellt hätte. Die schnellere Vergänglichkeit des Holzes im ersten Falle rührt davon her, dass der Zwischenraum nie vollständig gegen das Eintreten des Wassers geschützt werden kann, und die Fäulniss hier wenigstens eben so leicht als an den äussern Seiten beginnt, und sonach schneller als bei Verwendung stärkerer Bohlen den Belag durchdringt. Die Erfahrung zeigt sogar, dass die Fäulniss an den beiden sich berührenden oder innern Flächen stärker, als auswärts, erfolgt, und man bemerkt bei der Reparatur von Schleusenthoren häufig, dass solche doppelte Beläge von aussen und zwar an beiden Seiten noch gesund zu sein scheinen, während im Innern die Fäulniss schon in hohem Grade eingetreten ist. Die sich überdeckenden Falze im einzelnen Belage geben in gleicher Weise eine neue Veranlassung zur Beförderung der Fäulniss, und ausserdem trennen sich beim Ziehn und Reissen des Holzes oft die dünnen Federn, welche den Falz in der nebenliegenden Diele ausfüllen sollten. Dazu kommt noch, dass man den einfachen Belag, besonders wenn er aus stärkern Bohlen besteht, leicht wasserdicht machen kann, wie dieses bei Schiffen geschieht.

Sämmtliche Dielen, sowohl des untern, wie des obern Belages werden parallel zu der Strebe aufgebracht, damit sie letztere in ihrer Wirksamkeit unterstützen, auch greift jede Diele des untern Belages an beiden Enden in Zahnschnitte der Verbandstücke ein, wie Fig. 302 *a* zeigt.

Diese Dielen bestehn aus Eichenholz, sind meist $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll stark, und wie bereits erwähnt, mit halber Spundung versehn. Nachdem sie mit eisernen Nägeln befestigt sind, liegen sie in der Flucht der sämmtlichen innern Verbandstücke, während die äussern 1 Zoll darüber vortreten.

Der äussere Dielenbelag von 1 Zoll Stärke wird darauf in gleicher Richtung, aber so aufgebracht, dass er die Fugen des untern überdeckt. Ausserdem fehlt dabei die Versatzung oder Verzahnung, doch sind die äussern Verbandstücke mit geraden Nuthen versehn, in welche dieser Belag eingreift. Jede Diele wird zweimal auf jedes Verbandstück genagelt, welches sie trifft. Der obere Belag ist alsdann mit der Wende- und Schlagsäule und dem obern und untern Rahm bündig.

Die sämmtlichen Dielen der Bekleidung werden gleichfalls auf beiden Seiten getheert, und man pflegt sogar zwischen beide Dielenlagen noch Fliesspapier auszubreiten, um den Zwischenraum vollständiger auszufüllen und das Durchquellen des Wassers zu erschweren.

In einzelnen Fällen hat man bei Anwendung einer einfachen Bekleidung den Thoren dadurch eine grössere Dichtigkeit zu geben versucht, dass man in die Stossflächen der Bohlen, die weder mit ganzer, noch mit halber Spundung versehn waren, sehr feine Rinnen einhobelte, und in diese eiserne Federn trieb, die gleichzeitig immer in zwei Bohlen griffen und die Spundung vertraten. Bei der Briener Schleuse neben Cleve ist dieses geschehn, so wie auch an den Schleusen des Main-Donau-Canals.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich mit einem Schütz oder einer Schossthüre versehn ist, so wird diese vor dem untern Felde zwischen den beiden Mittelstielen angebracht. Dieses Feld erhält alsdann keine Bekleidung, es setzt sich aber der obere Dielenbelag bis an den Rand der Oeffnung fort. Die bereits erwähnte Verbreitung des untern Rahms tritt in der Breite von 4 Zoll vor die Ebne der Bekleidung vor und zwar in solcher Länge, dass sie ausser dem mittleren Felde auch die beiden Stiele zur Seite desselben umfasst, wie Fig. 302 *a* und *c* zeigen. Sie bildet eine Schwelle, worauf theils das geschlossne Schütz aufsteht, theils aber auch die Schossthürleisten (welche den Griessäulen der Archen entsprechen) eingezapft sind. Letztere sind 4 Zoll stark und auf der innern Seite

mit einer 2 Zoll breiten und eben so tiefen Nuthe versehn, worin das Schütz mit dem Rande der untern Dielen-Lage eingreift. Diese Schossthürleisten stehn vor den Mittelstielen flach auf der Bekleidung des Thors und reichen bis zum obern Rahm herauf. Ausser der Verzapfung gegen die Schwelle werden sie noch mit allen Riegeln, dem Oberrahm und der Strebe durch Schraubenbolzen, oder durch verniethete Bolzen verbunden.

Das Schütz oder die Schossthüre wird in gleicher Weise zusammengesetzt wie §. 46 beschrieben. Von den mechanischen Vorrichtungen zum Oeffnen desselben wird später die Rede sein.

Um einen möglichst scharfen Schluss der beiden Schlagsäulen darzustellen während die untern Rahme die Schlagschwellen berühren, pflegt man die Thore zunächst um einige Linien breiter zu machen, als sie sein sollen. Wenn sie in diesem Zustande eingehängt und geschlossen werden, so bleibt zwischen ihnen und den Schlagschwellen eine Fuge offen. Man lehnt sie alsdann scharf gegen einander und befestigt sie in dieser Lage durch dagegen gestellte Streben, so dass sie unverändert stehn bleiben, wenn auch die gegenseitige Stemmung aufhört. Nunmehr schneidet man mit einer Blattsäge die Fuge zwischen beiden Schlagsäulen auf. Da der Schnitt von oben bis unten gleiche Weite hat, so wird man hierdurch die Schlagsäulen zur scharfen Berührung bringen. Wenn aber die Berührung der Schlagschwellen dabei noch nicht erfolgt, so werden die Thore wieder scharf gegen einander gedrückt, gehörig befestigt, und die Fuge wird auf's Neue aufgeschnitten. Dieses Verfahren setzt man so lange fort, bis endlich auch der scharfe Schluss gegen die Schlagschwellen dargestellt ist. Um jedoch nicht etwa die Thore dabei zu sehr zu verkürzen, muss man, sobald nur noch wenig fehlt, Sägen benutzen, die recht feine Schnitte machen.

Die in den Niederlanden übliche Zusammensetzung der Schleusenthore weicht in mancher Beziehung von der eben beschriebnen wesentlich ab, und ist jedenfalls einfacher. Fig. 303 auf Taf. XLIII *a*, *b* und *c* zeigt ein solches Thor *), nämlich *a* in der An-

*) Die Zeichnung ist aus *Baud's Cursus of de Waterbouwkunde II. Deel.* entnommen, während für die Beschreibung auch D. J. Storm Buysing's Waterbouwkunde benutzt ist.

sicht vom Unterwasser, *b* vom Oberwasser, und *c* in einem durch die Schütz-Oeffnung gelegten horizontalen Durchschnitt.

Das Thor bildet in der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine Ebne, welche theils durch die äussern Verbandstücke, theils durch die Bekleidung, zum Theil aber auch durch die Strebe dargestellt wird. Die Wende- und Schlagsäule zeigen nichts Eigenthümliches. Dass man erstere oben und unten mit cylindrischem Halse versehn hat, bezieht sich mehr auf die Art der Befestigung, als der Construction des Thors. Die Stärke der Schlagsäule (senkrecht auf die Ebne des Thors gemessen) ist aber um einige Zoll geringer, als die der Wendesäule, und ebenso sind die beiden Rahme und die sämmtlichen Riegel nicht in ihrer ganzen Länge gleich stark, vielmehr verjüngt sich jeder derselben von oben gesehn an der der Schlagsäule zugekehrten Seite, wie Fig. *c* zeigt. Diese Anordnung ist insofern zweckmässig, als dabei aus demselben Stamm ein stärkerer Riegel ausgeschnitten werden kann, als wenn man dem Verbandstücke parallele Seitenflächen giebt. Ein zweiter Grund für diese Anordnung ist, dass man hierdurch den Schwerpunkt aus der Mitte des Thors etwas entfernt, und denselben der Wendesäule nähert, und dadurch die Gefahr des Sackens mässigt.

Die Riegel treten an der Seite nach dem Oberwasser um die Stärke der Bekleidung, d. h. um 2 bis 3 Zoll gegen die äussern Verbandstücke zurück. An der andern Seite sind sie mit der Wende- und Schlagsäule und beiden Rahmen bündig.

Die horizontalen Verbandstücke sind sämmtlich durch einfache, in die Wende- und Schlagsäule weit eingreifende Zapfen verbunden, wie die punktirten Linien in Fig. *a* zeigen. Die Zapfen der beiden Rahme setzen sich indessen nicht in der vollen Höhe bis an's Ende fort, sind vielmehr oben oder unten ausgeschnitten, wie die Figur gleichfalls zeigt, um die Köpfe der Säulen weniger zu schwächen. Ausserdem befinden sich an beiden Rahmen Versatzungen nach oben oder nach unten gekehrt, und die Riegel greifen einen Zoll weit in die Säulen ein. Wegen des Falzes in den Säulen behufs Befestigung der Bekleidung greifen endlich die Riegel, sowie auch die beiden Rahme an der dem Oberwasser zugekehrten Seite etwas tiefer ein, als an der entgegengesetzten.

Mittelstiele von der ganzen Höhe der Thore kommen nicht

vor, nur an den Seiten der Schützöffnung sind zwei schwache Stiele zwischen die nächsten Riegel eingesetzt.

Die Strebe, welche am obern Rahm und der Wendesäule durch einen flachen Zapfen in Form einer Versatzung befestigt ist, hat nur die Stärke von 5 bis 6 Zoll, und da sie selbst einen Theil der Bekleidung des Thors bildet, so steht sie vor der letztern, und zwar an der dem Unterwasser zugekehrten Seite nur 3 Zoll vor. Bei jeder Durchkreuzung ist der Riegel 1½ Zoll, und eben so tief die Strebe eingeschnitten. Ausserdem ist aber noch jedesmal, wie die punktirten Linien in Fig. *a* zeigen, eine Versatzung gebildet, wodurch die Strebe jeden einzelnen Riegel unterstützt.

Vielfach sieht man auch in den Niederlanden Schleusenthore in welchen die Strebe nicht im Zusammenhange hindurchgeführt ist, vielmehr nur aus einzelnen Stücken besteht, die jedesmal in Verzahnungen der Riegel eingreifen und sich vom Fuss der Wendesäule bis gegen das äussere Ende des obern Rahms fortsetzen. Die Ueberschneidung wird hierbei vollständig umgangen, doch ist zu besorgen, dass solche zusammengesetzte Strebe durch tieferes Eindrücken in alle Riegel sich merklich verkürzt.

Alle Verbindungen werden durch Bestreichen mit Theer gedichtet, und die aus Eichenholz bestehenden Nägel, welche man durch die Zapfen treibt, werden gleichfalls vorher in heissen Theer getaucht.

Die Beschläge bestehn aus vier Bügeln, von denen drei um die Wendesäule und einer um die Schlagsäule gelegt sind. Sie sind sämmtlich in das Holz eingelassen. Dasselbe ist der Fall mit den einfachen und doppelten Winkelbändern. Die letzten treffen den mittleren Riegel. Zur Befestigung dieser Beschläge dienen eiserne Bolzen, welche jedesmal auf beiden Seiten des Thors die Schienen fassen, und entweder durch Schraubenmuttern oder durch verniethete Köpfe befestigt sind. Es muss indessen erwähnt werden, dass der mittlere Bügel und eben so auch die doppelten Winkelbänder, welche die Riegel treffen, auf der Bekleidung liegen, und daher erst eingesetzt werden können, nachdem letztere aufgebracht ist.

Die Bekleidung, welche nach Massgabe des Wasserdrucks aus 2 bis 3-zölligen eichnen Bohlen besteht, ist jederzeit nur einfach. Die Bohlen sind mit keiner Spundung versehn, und werden

parallel zur Strebe über die Riegel und an den Enden in Falze der äussern Verbandstücke genagelt. Diese Falze sind eben so breit, als tief. Die Dichtung der Bohlen geschieht in gleicher Weise, wie in den Schleusenböden, durch Kalfatern.

Die Schützöffnung wird, wenn es möglich ist, nicht ganz unten, sondern nur so tief angebracht, dass sie unter dem Unterwasser liegt. Die Schossthürleisten reichen nur bis zum zweiten Riegel herauf, und sind durch Zapfen und Versatzung mit einer Schwelle verbunden, die eben so, wie die Leisten, nachdem die Bekleidung aufgebracht ist, mit starken Spitzbolzen an die Riegel und die kurzen Mittelstiele genagelt werden.

Häufig wird das Versacken der Thore noch durch eiserne Zugbänder verhindert, die sich vom Kopf der Wendesäule bis zum Fuss der Schlagsäule erstrecken, und gemeinhin auf beiden Seiten der Thore angebracht sind. Vorzugsweise geschieht dieses bei breiteren Thoren, doch auch bei kleineren, besonders wenn die erwähnten Streben in demselben aus einzelnen Stücken zusammengesetzt sind, wobei aber die sämmtlichen Verbandstücke auf der innern Seite in einer Flucht liegen. Oft geht von dem starken Ring, der auf den Kopf der Wendesäule aufgetrieben ist, ein kurzes Zugband aus, welches auf dem obern Rahm liegt, und am Ende einen starken Bolzen trägt, in welchen beide schrägen Zugbänder eingreifen. Dieselben werden in der Mitte jedes Riegels durch Schraubenbolzen verbunden und ein solcher befestigt sie auch an den Fuss der Schlagsäule, der Bolzen ist hier durch die eisernen Winkelbänder hindurchgezogen.

Die Thore in den Französischen Canalschleusen weichen von den eben beschriebnen wenig ab. Sie haben gleichfalls keine durchgehenden Mittelstiele, die Streben treten aber auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite bis zur äussern Fläche des Bohlenbelags vor, bilden also einen Theil desselben, und haben nur mässige Stärke, so dass die Riegel in den Kreuzungen wenig geschwächt werden. Der Bohlenbelag besteht nur aus einer Lage und die Bohlen liegen stumpf an einander und sind zur Strebe parallel gerichtet.

Man pflegt auch die Streben dadurch zu verstärken, dass man auf der dem Unterwasser zugekehrtrn Seite zwischen je zwei Riegel noch kurze Verbandstücke einsetzt und dieselben mit den

Streben verbindet. Hierbei wird jede kurze Strebe mit Versatzung an beiden Seiten in die Riegel eingelassen. Diese zweite Verstrebung würde indessen nur in geringem Maasse das Thor stützen, wenn man nicht dafür gesorgt hätte, ihre Spannung später noch zu verstärken, sobald sie bei der unvermeidlichen Compression der Riegel nach und nach schwächer geworden ist. Dieses geschieht dadurch, dass man jene kurzen Streben an den Enden nicht rechtwinklig, sondern etwas keilförmig zuschneidet und in gleicher Weise auch die Einschnitte in den Riegeln ausarbeitet. Sobald die Steifigkeit des Thors nachlässt, oder dasselbe zu sacken anfängt, braucht man nur die beiden Bolzen, welche jeden Theil der hintern Verstrebung mit der vordern Strebe verbinden, schärfer anzuziehn. Erstere dringt alsdann, wie ein Keil, tiefer zwischen die Riegel ein, und stellt die stärkere Spannung wieder her. Fig. 304 zeigt diese Anordnung. In der Seitenansicht des Thors *a* sieht man die zwischen die Riegel eingeschobnen Streben, im horizontalen Durchschnitte *b* ist die Verbindung derselben mit der durchgehenden Strebe dargestellt, und aus dem Durchschnitt *c*, nach der Mittellinie der Strebe, ergiebt sich die keilförmige Schmiege der kurzen Stücke. Selbst die durchgehende Strebe ist in den Einschnitten, womit sie die Riegel überspannt, etwas schräge geformt, damit sie um so schärfer aufgetrieben werden kann. Es ist kaum nöthig, darauf aufmerksam zu machen, dass beide Streben sich nicht unmittelbar berühren dürfen, vielmehr anfangs noch ein freier Zwischenraum zwischen denselben bleiben muss, damit sie, sobald es nöthig ist, einander genähert werden können.

Um das Sacken der Thore zu verhindern, pflegen die Französischen Ingenieure fast jedesmal noch eiserne Zugbänder, ähnlich den beschriebnen, anzubringen wobei gemeinhin noch besondre Vorkehrungen getroffen sind, um sie, sobald es nöthig ist, schärfer anzuziehn. Die verschiednen Anordnungen, welche das Sacken der Thore verhindern, sollen später, wenn von der Befestigung der Thore die Rede ist, speciell beschrieben werden.

Die Beschläge der Französischen Thore verdienen noch eine besondre Erwähnung. Bei manchen Thoren findet man keine andern Beschläge, als Bügel, die sowohl um die Wendesäule, als die Schlagsäule gelegt sind, und den obern und untern Rahm, sowie auch jeden zweiten oder dritten Riegel umfassen. Jedesmal wird der-

selbe Riegel aber sowol mit der Wendesäule, wie mit der Schlagsäule verbunden. Die Bügel werden in das Holz eingelassen, und zwar nicht nur in die Säulen und Rahme oder Riegel, sondern auch in die Bohlenbekleidung. Letztere muss daher schon früher aufgebracht sein. Zur Befestigung der Bügel dienen gemeinhin Schraubenbolzen, die aber nur durch die Rahme und Riegel gezogen sind, weil ein Bolzen, der durch die Säule selbst ginge, zur Verbindung nichts beitragen, vielmehr nur die Säule schwächen und ausserdem noch insofern nachtheilig wirken würde, als er das feste Anlegen des Bügels an die Säule verhinderte.

Die Bolzen versieht man häufig mit versenkten oder pyramidalen Köpfen, so dass sie ganz in die Schienen eingelassen werden, und das Thor sonach an der dem Oberwasser zugekehrten Seite eine Ebne bildet, die durch keinen vorspringenden Bolzenkopf unterbrochen ist. Man kann indessen hierin noch weiter gehn, wie auch zuweilen geschieht, und das Vortreten der Bolzen und Schraubenmuttern auch an der dem Unterwasser zugekehrten Seite vermeiden, wenn man die sämmtlichen Bolzenlöcher in den Bügeln oder Schienen stark konisch ausfeilt, und durch Verniethen auch an dieser Seite versenkte Köpfe darstellt. Diese Vorsicht ist gewiss zweckmässig, da der vorspringende Bolzen oder Bolzenkopf, sobald das Thor geöffnet ist, leicht das durchgehende Schiff treffen und dasselbe beschädigen kann.

Die Bolzen ziehn gemeinhin den Bügel nicht scharf an. Bei sorgfältiger Arbeit pflegt man freilich das Bohrloch nicht genau in der Mitte des Loches der Schiene anzubringen, es vielmehr etwas fortzurücken, damit der Bolzen, sobald er eingetrieben wird, schon die Schiene oder den Bügel spannt. Es lässt sich indessen auf diesem Wege keine bedeutende Spannung darstellen, und noch weniger ist man im Stande, sie wieder hervorzubringen, wenn der Bolzen nach und nach in das Holz, wogegen er lehnt, sich hineindrückt. Bei den Französischen Schleusenthoren wird diesem Uebelstande zuweilen durch Anbringung zweier Keile begegnet, da die Vorrichtung aber etwas complicirt ist und in der Behandlung Aufmerksamkeit erfordert, so begnügt man sich, sie nur bei dem wichtigsten Bügel, nämlich demjenigen, der den obern Rahm mit der Wendesäule verbindet, einzuführen.

Fig. 305 zeigt diese Anordnung, *a* in der Ansicht von der

Seite und *b* im horizontalen Durchschnitt durch die Mitte des Bügels. Der Bügel ist an beiden Enden, wo der Zug angebracht wird, mit langen viereckigen Oeffnungen versehn. Eine Oeffnung von gleichem Querschnitt befindet sich in dem Rahm, doch trifft sie nicht genau mit jenen erstern zusammen, ist vielmehr, wenn man den Bügel auflegt, etwa um einen halben Zoll weiter von der Wendesäule entfernt. Man schiebt zunächst zwei mit umgebognen Rändern versehne Eisenstäbe ein, von denen der eine (der zunächst der Wendesäule liegt) sich an die Wand des Loches im Rahm, und der andre sich an beide Schienen lehnt. Hierauf werden in entgegengesetzter Richtung zwei eiserne Treibkeile zwischen diese Stäbe geschlagen und dadurch die scharfe Spannung des Bügels bewirkt. Auch wenn später der erste Eisenstab sich tiefer in das Holz eindrücken sollte, kann man durch Nachtreiben der Keile die Spannung wieder herstellen. Damit der Bügel sich aber nicht vielleicht öffne, ist es vortheilhaft, dahinter noch einen Schraubenbolzen durchzuziehn, der aber in einem weiten Bohrloche liegen muss, damit er das Anziehn des Bügels nicht hindert.

Bei vielen Französischen Schleusenthoren kommt nur ein Bügel, nämlich oben an der Wendesäule vor, und oft fehlt auch dieser, indem der Beschlag nur aus Winkelbändern und Schienen besteht. Die Winkelbänder sind indessen von den oben beschriebnen gemeinhin darin verschieden, dass sie von der Wendesäule oder von der Schlagsäule mit zwei Armen auf zwei zunächst liegende Riegel oder einen Rahm und den nächsten Riegel reichen. Es kommen auch nicht selten dergleichen Bänder mit drei Armen vor, die einen Rahm mit den beiden nächsten Riegeln, oder drei Riegel unter sich verbinden. Wie diese Bänder auch gestaltet sein mögen, so liegen jedesmal zwei gleichgeformte auf beiden Seitenflächen des Thors gegenüber, die mit einander durch Bolzen verbunden sind, und ausserdem entsprechen die an der Wendesäule angebrachten auch denen an der Schlagsäule. Die Riegel sind also jedesmal entweder an beiden Enden mit den Säulen verbunden, oder die Eisenverbindung fehlt ihnen ganz.

Zuweilen besteht der Thorbeschlag auch in einfachen Schienen, die über einen Riegel fort von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, und an beide letztere besonders sorgfältig gebolzt sind. Sie verbinden diese also unmittelbar mit einander.

Ausserdem hat man in Frankreich an manchen Canalschleusen den Thoren dadurch eine grössere Festigkeit gegeben, dass man in die sämmtlichen Winkel zwischen den Riegeln oder Rahmen und den Wende- und Schlagsäulen gusseiserne Eckstücke einsetzte, die durch Schrauben oder starke Nägel daran befestigt wurden. Dieses ist beispielsweise an den Thoren am Canal St. Quintin geschehn*). In demselben ist auch eine Verstrebung angebracht, indem, wie bereits beschrieben, zwischen die Riegel in gleicher Richtung kurze Strebe eingeschoben sind.

Bei den viel weiteren Dockschleusen der Seehäfen ist man in Frankreich schon seit langer Zeit von den bisher beschriebnen Constructionen abgegangen, um theils das Brechen, theils aber auch das Sacken der Thore zu verhindern. So bilden die Thore der im Anfange dieses Jahrhunderts vor dem Kriegshafen Cherbourg erbauten Schleuse in der dem Oberwasser zugekehrten Seiten cylindrische Flächen, die Riegel sind aber in der Mitte stärker, woher sie an der Seite des Unterwassers wieder Ebnen bilden. Jeder Riegel ist als verzahnter Balken aus mehreren Stücken zusammengesetzt.

Die lichte Oeffnung dieser Schleuse in den Häuptern beträgt 55 Fuss Rheinländisch und jedes Thor ist nahe 32 Fuss lang. Der Unterschied zwischen Fluth und Ebbe zur Zeit der Springfluthen beträgt 18 Fuss, und erreicht nicht selten die Höhe von 22 Fuss. Um diesem Druck gehörigen Widerstand zu leisten, sind die Thore noch dadurch verstärkt, dass in dem untern Theil derselben, nämlich auf 18 Fuss Höhe vierzehn solche Riegel unmittelbar auf einander liegen. Dabei konnten nicht alle Riegel mit Brüstungen in die Schlag-und Wendesäulen eingesetzt werden, dieses ist vielmehr nur bei jedem dritten Riegel geschehn. Die einfachen Zapfen der zwischenliegenden sind aber versetzt, um die Säulen nicht in denselben Fasern zu sehr zu schwächen. Die ganze Höhe eines Thors misst 35 Fuss.

Um das Sacken zu verhindern, verbinden zwei starke Zugbänder, die man durch eiserne Keile schärfer anspannen kann, den Kopf der Wendesäule mit dem Fuss der Schlagsäule, und ausser-

*) *Annales des ponts et chaussées* 1866. *I. pag.* 126.

dem ruht das Thor neben der letzteren auf einem breiten Rade, das auf einer kreisförmigen Schiene läuft. Streben fehlen hier.

In den Englischen Schleusenthoren kommen mit seltenen Ausnahmen, wie etwa in den Schleusen des Canals von Carlisle Streben nicht vor. Die Thore bestehn nur aus Wende- und Schlagsäulen und Riegeln, die Ober- und Unterrahme unterscheiden sich aber durch nichts von den Riegeln. Die Bekleidung wird stets durch einfachen Bohlenbelag gebildet, worin die Bohlen lothrecht stehn. Zuweilen werden aber auch auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Thors die Felder zwischen den Riegeln wasserdicht verkleidet.

Indem bei dieser Zusammensetzung der Thore alle Verbandstücke mit Einschluss der Bohlen unter rechten Winkeln zusammengesetzt sind, so kann eine Formveränderung leicht eintreten. Es muss daher jedesmal noch in andrer Weise dem Versacken der Thore vorgebeugt werden. Bei kleinern Schleusen geschieht dieses durch Anbringung der Drehbäume. Der obre Rahm setzt sich nämlich über die Wendesäule fort, und wird am äussern Ende mit Eisenmassen oder Steinen soweit beschwert, dass der erforderliche Gegendruck gegen das Thor bei seiner mittleren Eintauchung sich darstellt. Der Drehbaum dient überdiess auch zum Oeffnen und Schliessen des Thors.

Auf Taf. XXXVI sind mehrere Schleusenthore dieser Art dargestellt. Fig. 262 *c* zeigt die Thore der bereits erwähnten Schleuse auf dem Ellesmere-Chester-Canal. Diese Thore bestehn in den Hauptverbindungen aus Gusseisen, und nur die Drehbäume sind Holzstücke, die am hintern Ende besonders stark gehalten sind, um das Gegengewicht zu bilden. Fig. 264 *a* ist ein Oberthor und *b* ein Unterthor einer Schleuse des Ellesmere-Canals. Ersteres ist einfach, d. h. ein Thor schliesst die Oeffnung, letzteres ist ein gewöhnliches Stemmthor. Der kürzere Arm des Drehbaums greift mittelst Zapfen und Versatzung in die Schlagsäule und ist jedesmal durch einen Bügel oder durch gegenüberliegende Winkelbänder damit verbunden.

Dieselbe Anordnung ist auf Taf. XLIV in den Zeichnungen der Schleusenthore des Birmingham-Liverpool-Canals Fig. 311 *a* und *b* und des Rochdale-Canals Fig. 312 *a* und *b* dargestellt. Sie wiederholt sich beinahe bei allen Englischen Canalschleusen von

mässiger Weite, wenn nicht etwa besondre Umstände, wie Brücken, die Anbringung der Drehbäume verbieten. Auch die Nordamerikanischen Schleusenthore sind in gleicher Weise construirt. Fig. 265 *b* und *c* auf Taf. XXXVII zeigt die Thore einer Schleuse auf dem James-River und Kanawha-Canal.

Zu bemerken ist noch, dass die Schützöffnungen dieser Thore, um das Füllen und Leeren der Kammern zu beschleunigen, häufig von der Wendesäule bis zur Schlagsäule reichen, oder das ganze Feld zwischen den untern Riegeln durch das Schütz geschlossen wird. In diesem Fall fehlen demnach die Mittelstiele ganz. Wenn letztere aber auch angebracht werden, indem nur ein Theil jenes Feldes zur Schützöffnung benutzt wird, so reichen sie nur von einem Riegel bis zum andern, und bestehn aus schwachen Holzstücken, die allein zur Befestigung der Leisten dienen, worin die Schütze sich bewegen. Der Beschlag dieser Thore ist verschieden, doch werden dabei weniger die Bügel, als die Winkelbänder benutzt, und letztere sind am häufigsten mit zwei parallelen Armen versehn, so dass sie je zwei Riegel mit der Säule verbinden.

Bei grössern Schleusenthoren, die zum Durchlassen von Seeschiffen dienen, verbietet sich die Anwendung des Drehbaums, indem ein solcher in diesem Fall eine zu grosse Länge erhalten müsste, auch der Gefahr des Brechens ausgesetzt wäre, wenn er das Gegengewicht vollständig darstellen, oder zum Oeffnen des Thors benutzt werden sollte. Das Sacken des Thors wird alsdann fast jedesmal dadurch verhindert, dass man unter dem untern Rahm ein Rad anbringt, das auf einer im Thorkammerboden befestigten Schiene ruht. Das Thor wird also von diesem Rade getragen, und bei der Drehung desselben rollt letzteres auf der Schiene fort, während es in jeder Stellung die erforderliche Unterstützung findet. Von der Anordnung dieser Rollen soll später ausführlich die Rede sein.

Die Thore der Englischen Hafenschleusen zeigen noch eine andre Eigenthümlichkeit, indem ihre vordre Fläche keine Ebne bildet, sondern flach cylindrisch ist. Beide Thore bilden demnach, wenn sie geschlossen sind, im Grundriss die Form eines Spitzbogens (Fig. 309). Durch diese Anordnung werden, wie bereits erwähnt, die Riegel bei gleichem Querschnitt wesentlich verstärkt.

Das Maass dieser Krümmung oder das Verhältniss der Pfeil-

höhe zur Sehne ist in den Englischen Dockschleusen sehr verschieden. Im Allgemeinen ist die Gefahr eines Bruchs um so gröfser, je breiter das Thor ist, woher man dieses Verhältnifs um so mehr wachsen läfst, je gröfser die lichte Weite der Schleuse wird. Man pflegt indessen die Spitze des Drempels gewöhnlich so weit vorzurücken, dafs die Tangenten, die an die Krümmung der Thore neben den Schlagsäulen gezogen werden, mit der Schleusenachse einen Winkel von etwa 70 Graden bilden. Hierin stimmen die nachstehend benannten Schleusen ziemlich nahe mit einander überein, wiewohl die Winkel, welche die Sehnen der beiden Schlagschwellen einschliefsen, und die Krümmungen der Thore sehr verschieden sind. Barlow*) hat diesen Gegenstand näher untersucht, und wenn seine Ansicht in Betreff des Drucks, den beide Thore auf einander ausüben, auch nicht richtig ist, und daher die Resultate, zu denen er gelangt, zweifelhaft bleiben, so ist wohl unbedingt ihm darin beizustimmen, dafs, wenn man das Bogen-Princip einführen will, die scharfe Kante in der Berührungslinie beider Thore nicht der gröfsten Widerstandsfähigkeit entspricht, vielmehr beide cylindrische Flächen in eine zusammenfallen müfsten, wenn diese Bedingung erfüllt werden sollte. Der Spitzbogen in der Architectur findet seine statische Begründung darin, dafs die Belastung der Spitze gröfser, als die der Schenkel ist, insofern die schichtenweise darüber geführte Mauer vorzugsweise von der höchsten Stelle des Bogens getragen wird. Bei den Schleusenthoren findet ein ähnliches Verhältnifs nicht statt, und es ist daher auch kein Grund vorhanden, den Bogen durch eine scharfe Kante zu unterbrechen. Barlow meint freilich, dafs die Unterbrechung der Holzverbindung auch die Unterbrechung der Form begründe. Es scheint indessen, dafs man die scharfe Kante vorzugsweise deshalb gewählt hat, um die Thore nicht zu stark zu krümmen. In einzelnen Fällen hat man namentlich eiserne Thore (wovon auch im Folgenden die Rede sein wird) so geformt, dafs sie sich zu einer stätigen cylindrischen Fläche ergänzen.

Barlow bezeichnet für verschiedne Dockschleusen die Krümmungen der Thore. Dieselben bilden jedesmal ein gleichschenkli-

---

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers. Vol. I.* p. 67.

ges Dreieck, in welchem jedoch die gleichen Seiten nicht gerade Linien, sondern Kreisbogen sind. Er fand folgende Verhältnisse

der Höhe des durch den Drempel gebildeten gleichschenkligen Dreiecks zur Basis desselben (a) und

der Pfeilhöhe zur Sehne der einzelnen gekrümmten Thore (b).

	Verhältnisse	
	a	b
in den London Docks	1 : 3,1	1 : 18
im Caledonischen Canale	1 : 4	1 : 25
in den Docks von Dundee	1 : 5,3	1 : 40
in den Westindischen Docks	1 : 4,6	1 : 38
in St. Katherines Docks	1 : 4,1	1 : 30
in den Docks zu Sheerness	1 : 3,5	1 : 12

Es ergiebt sich hieraus, dafs man in der That das zweite Verhältnifs verstärkt, wenn das erste sich vergröfsert.

Auf Taf. XLIV. sind zwei verschiedne gröfsere Thore von Dockschleusen dargestellt. Fig. 310 zeigt ein Thor des Prince's Dock in Liverpool. Dasselbe ist schon im Anfange dieses Jahrhunderts gebaut, und ist hier vorzugsweise wegen der eigenthümlichen Einrichtung zum Oeffnen der Schütze mitgetheilt, wovon später die Rede sein wird. Fig. 309 zeigt dagegen ein Thor des Junction-Dock in Hull, und zwar a in der Ansicht vom Unterwasser, b vom Oberwasser, d im vertikalen Durchschnitt und c in der Ansicht von oben, theils mit der Brücke, theils ohne dieselbe. Man bemerkt hierbei zunächst, dafs die untern Riegel einander näher liegen, als die obern. Sie sind in die Schlag- und Wendesäule verzapft und mit Winkelbändern, die auf beiden Seiten übereinstimmend aufgebracht sind, damit verbunden.

In Betreff der Riegel ist zu erwähnen, dafs dieselben, sobald es auf möglichste Verstärkung der Thore ankommt, unmittelbar aufeinander liegen. Dieses mufste z. B. an den Thoren der Schleuse vor dem Humber-Dock in Hull geschehn, nachdem mehrere Riegel, die sich nicht berührten, gebrochen waren. Bis zur Höhe von 10 Fufs legte man sie daher dicht schliefsend einen auf den andern und verband sie durch Schraubenbolzen. Dieselbe Anordnung ist auch in den Thoren des St. Katherines-Docks in London gewählt, woselbst sechs Riegel unmittelbar aufeinander liegen. Diese

schliefsen sich indessen nicht dem untern Rahm an, vielmehr befinden sich zwei Schützöffnungen dazwischen.

Insofern die Dockschleusen nur während des Hochwassers geöffnet werden, so dürfte es befremden, dafs man bei jener Schleuse die Schütze so tief angebracht hat, da sie doch in gröfserer Höhe auch eben so wirksam gewesen wären. Man senkte sie indessen wohl bis zum untern Rahm, damit sie zur Spülung des Thorkammerbodens benutzt werden könnten.

Die Bohlen, welche man nach Fig. 309 *a* auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite des Schleusenthors bemerkt, haben nur den Zweck, die Riegel zu schützen, falls die Schiffe darauf stofsen sollten. Sie dienen zugleich zum Einsetzen der Schiffshaken, die sonst in die Haupttheile der Thore gestofsen werden müfsten.

Bei der Kostbarkeit des starken Holzes, das zu grofsen Schleusenthoren erforderlich ist, hat man verschiedentlich die Riegel aus mehreren Stücken zusammengesetzt. Ein Beispiel hiervon sind die Thore der London-Dock-Schleuse. Jedes Thor ist 31 Fufs Engl. hoch und 25 Fufs breit. Die Schlag- und Wendesäulen sind aus Gufseisen dargestellt. Der untre Riegel oder der Schwellrahm besteht aus einem massiven, nach der Form der Schlagschwelle gekrümmten Balken von 15 Zoll im Gevierten. Die sämmtlichen übrigen Riegel sind aus 5zölligen Bohlen zusammengesetzt, von denen in den beiden untern Riegeln je sechs, in den sieben obern (mit Einschlufs des obern Rahms) je drei über einander liegen. Die Bohlen reichen nicht über die ganze Länge des Thors von der Wende- zur Schlagsäule, sind vielmehr in jedem Riegel abwechselnd zwei- oder dreimal gestofsen. Sie stofsen in den Fugen stumpf zusammen, und die Lagen sind theils durch eingelegte hölzerne Dübel von 1¾ Zoll Höhe, theils auch durch hölzerne Nägel, deren jedesmal vier an jedem Stofs angebracht sind, mit einander verbunden. Zu demselben Zweck dienen endlich noch in den untern drei Riegeln sechs, in den obern Riegeln vier Schraubenbolzen. *)

Ferner sind die Thore des Docks in Grangemouth, das später durch Thomson erbaut ist, zu erwähnen. **) Die Weite der Oeff-

---

*) *Public Works of Great Britain.* London 1838. *Survey of the Port of London.*

**) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1844. p. 9.

nung, die sie schliefsen, mifst 55 Fufs Engl. Sie bestehn ganz aus Eichenholz, und zwar sind die Riegel in ähnlicher Weise, wie die der Schleuse bei Cherbourg (Fig. 306) nur an der dem Oberwasser zugekehrten Seite cylindrisch geformt, nach dem Unterwasser dagegen eben, so dafs die Schlagschwellen in der Ansicht von oben durch gerade Linien begrenzt werden. Die Riegel bestehn an der Seite, wo sie gerade sind, aus gewöhnlichen, mäfsig starken Balken, die bogenförmige Auffütterung unter der Bekleidung ist dagegen in ähnlicher Art, wie bei den so eben beschriebnen Thoren des London-Docks aus vierzölligen eichenen Bohlen gebildet, deren Stöfse gehörig versetzt, und die unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. Bei diesen Thoren kommt noch die Eigenthümlichkeit vor, dafs sie auf beiden Seiten wasserdicht bekleidet sind. Die Räume, die auf diese Weise zwischen den Riegeln entstehn, kann man beliebig mit Wasser anfüllen und leer pumpen, und dadurch die Thore so erleichtern, dafs sie bei allen Wasserständen sich selbst tragen.

Die Thore der Schleuse vor dem Coburg-Dock in Liverpool verdienen sowol wegen der ungewöhnlichen Dimensionen, als auch wegen mancher Eigenthümlichkeiten der Construction besondre Erwähnung. Indem die gröfsten transatlantischen Dampfböte in dieses Dock einlaufen, so mufste der Schleuse die Weite von 68 Fufs Rheinländisch gegeben werden. Jedes Thor ist (Fig. 332 auf Taf. XLVII) nahe 39 Fufs breit und 31 Fufs hoch. In dem gleichschenkligen Dreieck, welches die Schlagschwellen bilden, mifst die Höhe 11 Fufs 2 Zoll, und indem die Pfeilhöhe der dem Oberwasser zugekehrten cylindrischen Fläche des einzelnen Thors 2 Fufs 2 Zoll beträgt, so stellen beide, wenn sie geschlossen sind, auf der obern Seite nahe eine continuirliche Fläche dar, die nur durch eine wenig markirte vortretende Kante zwischen den beiden Schlagsäulen unterbrochen wird. Die Riegel bestehn aus sehr starken Amerikanischen Hölzern, der untere Rahm, der 2 Fufs 3 Zoll stark ist, tritt aber, wie Fig. 332 *b* zeigt, in der Mitte des Thors noch bedeutend vor die innern Flächen der Riegel vor, und hierdurch wurde es möglich die Pfeilhöhe jeder Schlagschwelle auf 10 Zoll zu beschränken.

Die sämmtlichen Riegel sind neben der Wendesäule 2 Fufs, und indem sie sich nach und nach verjüngen, an der Schlagsäule

nur noch 1 Fuſs 3 Zoll breit. Die Höhe des obern Riegels mifst 1 Fuſs, die der tiefer liegenden vergröſsert sich, und der untre Riegel ist 1 Fuſs 7 Zoll hoch, der untre Rahm dagegen 2 Fuſs 3 Zoll. Auf letzterem liegen unmittelbar zwei Riegel, und die übrigen sind, wie die Figur zeigt, zu je zwei mit einander verbunden.

In dasjenige Riegelpaar, welches auf dem untern Rahm liegt, so wie auch in das nächstfolgende, ist eine gewalzte, mit vortretenden Rändern versehene starke Schiene eingelegt. Dieselbe ist stärker gekrümmt, als das Thor, woher sie in der Mitte des letzteren die dem Oberwasser zugekehrte äuſsere Fläche desselben berührt, und Fig. 332 *a* sichtbar ist. An beiden Enden tritt sie zurück und lehnt sich gegen die Schlag- und Wendesäule. Sie berührt indessen diese nicht unmittelbar, vielmehr liegt jedesmal dazwischen noch eine starke Eisenplatte, die als Schuh dient. Jede dieser Schienen bildet sonach einen neuen, noch stärker gekrümmten Bogen, der in der Schlag- und Wendesäule sein Widerlager findet, und das Durchbiegen des Thors gleichfalls verhindert.

Die Riegel sind nur durch gewöhnliche Zapfen mit der Schlag- und Wendesäule verbunden, um aber ihren Abstand von einander zu sichern, sind auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite je fünf Stützen oder kurze Mittelstiele gestellt. Die beiden äuſsern lehnen sich unmittelbar an die Wende- und Schlagsäule, die andern sind in der Figur durch punktirte Linien angedeutet. Zur Verstärkung dieser Stiele sind noch Zangen dagegen gebolzt.

Die unmittelbar auf einander liegenden Riegel sind durch Bolzen verbunden und diese greifen in den beiden untern Riegelpaaren durch die erwähnten gekrümmten Schienen hindurch.

Der Eisenbeschlag dieser Thore stimmt mit dem sonst in England üblichen überein. Mit demselben verbinden sich die schrägen Zugbänder. Die Aufstellung der Laufbrücke ergiebt sich aus Figur 333 *b* und *c*. Von der eigenthümlichen Anordnung der Rolle, die das Thor unterstützt, wird im Folgenden die Rede sein.

Wesentlich verschieden von den bisher beschriebnen Stemmthoren sind diejenigen, die seit 30 Jahren in Canada bei kleineren Schleusen vielfach ausgeführt wurden, und in neuster Zeit auch bei gröſsern, für den Durchgang von Dampfschiffen bestimmten Schleusen, bis zu 45 Fuſs lichter Weite, Anwendung gefunden haben.

Namentlich ist dieses auf dem Welland Canal und auf den Seiten-Canälen des Ohio geschehn.

Das Eigenthümliche derselben besteht darin, dafs sie keine Wendesäule und keine Schlagsäule haben, vielmehr nur aus Balken zusammengesetzt sind, die horizontal dicht über einander liegen. Die Hölzer, jedesmal Fichtenstämme, werden auf Maschinen sorgfältig in gleicher Stärke zugeschnitten und behobelt, damit sie genau schliefsend sich berühren. Jeder Balken wird mit dem nächst darunter befindlichen durch Pflöcke (vielleicht Spitzbolzen, die mit Widerhaken versehn sind) verbunden. Aufserdem greifen fünf Eisenstangen in der ganzen Höhe des Thors durch alle Balken und werden durch Schraubenmuttern festgespannt. Sollen Schützöffnungen angebracht werden, so lassen sich diese bei der gewählten Constructions-Art leicht darstellen, indem die betreffenden Balken an beiden Seiten nur bis zu denselben reichen, und gleichmäfsig abgeschnitten sind.

Ist das Thor in dieser Weise zusammengesetzt, so schneidet man die beiderseitigen Balkenköpfe in Form der Wendesäule und Schlagsäule zu, so dafs jedes Thor in der Wendenische sich frei drehn und gehörig schliefsend an dieselbe sich anlehnen kann, so wie auch andrerseits beide Thore, wenn sie geschlossen sind, sich vollständig berühren. Starke cylindrische Bolzen, die man oben und unten eintreibt, bilden die Drehungs-Achsen.

Diese Constructions-Art findet Anwendung, wo das Fichtenholz sehr billig ist, und dabei tritt vergleichungsweise gegen die an sich schon sehr einfache Zusammensetzung der Amerikanischen Stemmthore eine Ersparung von 50 bis 100 Procent ein. Aufserdem werden aber auch noch andre Vorzüge dieser Thore gerühmt. Zunächst leidet es keinen Zweifel, dafs sie dem Wasserdruck sehr kräftigen Widerstand leisten, indem die einzelnen Balken nichts andres, als Riegel sind. Sodann ist ihre Anfertigung überaus einfach und erfordert, mit Ausschlufs der Bearbeitung der Balkenköpfe, keine besondre Geschicklichkeit und Uebung. Demnächst wird auch ihre grofse Dauerhaftigkeit und endlich die Eigenschaft gerühmt, dafs sie im Wasser schwimmen, also sehr leicht aufzustellen und dem Sacken nicht ausgesetzt sind. *)

*) *Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amérique.* Paris 1873. p. 342.

Schliefslich mufs noch von denjenigen Schleusenthoren die Rede sein, welche sich um horizontale Achsen drehn. Dieselben kommen in den Schleusen der Amerikanischen Canäle, und zwar in deren Oberhäuptern, zuweilen vor, die Figuren 341 und 342 auf Taf. XLVIII zeigen ein solches Thor in seiner Aufstellung und Zusammensetzung. Die Thornischen sind in ähnlicher Weise, wie für Stemmthore angebracht, doch fehlt darin die Wendenische. Letztere befindet sich vielmehr über dem Schleusenboden und ist in einen starken Balken, der mit Schraubenbolzen befestigt ist, eingeschnitten. Das Thor legt sich, wenn die Oeffnung frei werden soll, gegen das Oberwasser flach nieder, doch berührt es nicht den Boden, ruht vielmehr auf einer davor angebrachten hölzernen Wand von passender Höhe. Die Höhenlage der Wendenische und der Oberfläche des niedergeschlagnen Thors wird auf gleiche Art, wie bei andern Schleusen die der Schlagschwellen bestimmt. Indem das Thor aus Holz besteht, würde es nicht unter Wasser liegen, vielmehr sich selbst aufrichten, und den Durchgang der Schiffe verhindern. Um dieses zu vermeiden, füllt man es zum Theil mit Steinen oder Gufseisen an. Man darf es alsdann, nachdem das Wasser in der Kammer bis zum Oberwasser angestiegen ist, nur mittelst einer Stange etwas überneigen, und es schlägt von selbst nieder. Zum Wiederaufrichten oder Schliefsen des Thors dient jedesmal eine an der einen Seite aufgestellte Winde, die mittelst einer Kette das Thor anzieht. Gemeinhin sind diese Thore mit keinen Oeffnungen zum Durchlassen des Wassers versehn, indem die Kammern mittelst Seitencanälen in den Mauern, oder durch Umläufe gefüllt werden. Das in den Figuren dargestellte Thor, welches auf dem Sandy-Beaver-Canal am Ohio ausgeführt ist, hat dagegen zwei Oeffnungen, die wahrscheinlich mittelst gewöhnlicher Schütze geschlossen werden.

Die Construction des Thors ist so einfach, dafs sie kaum einer nähern Beschreibung bedarf. Die Wendesäule, ihrer ganzen Länge nach halb-cylindrisch abgerundet, hat an beiden Enden cylindrische Zapfen, welche mittelst eiserner Halsbänder an der schon erwähnten hölzernen Wendenische befestigt sind. Zwei Riegel verbinden die Wendesäule mit dem gegenüberstehenden Rahm. Letzterer tritt gleichfalls an beiden Seiten vor, damit das Thor, wenn es dem Wasserdruck ausgesetzt ist, sich sicher an die Mauer lehnt.

Aufserdem ist an dem einen vortretenden Kopfe die Kette befestigt, womit das Thor gehoben wird. Zwischen den beiden Riegeln befinden sich noch zwei Verbandstücke, die der Wendesäule parallel liegen und zur sichern Befestigung des Bohlenbelags dienen. Der gänzliche Mangel einer Verstrebung, der leicht zu beseitigen wäre, rechtfertigt sich um so weniger, als der einseitige Zug beim Heben des Thors ein Verziehn desselben besorgen läfst. Die Oeffnungen zum Durchlassen des Wassers sind jedesmal mit vollständigen Rahmen umschlossen, um die Bekleidung darauf befestigen zu können. Diese Bekleidung, aus einfachen starken Bohlen bestehend, ist doppelt, d. h. auf beiden Thorflächen angebracht. Von der Ausfüllung der Felder, um das Thor hinreichend schwer zu machen, ist bereits die Rede gewesen. Es mufs aber noch bemerkt werden, dafs beim geschlofsnen Thor die beiden äufsern Riegel in der Breite von einigen Zollen sich gegen die, vor die Thornische vorspringende Mauer lehnen, und durch sorgfältige Bearbeitung der genügend wasserdichte Schlufs dargestellt sein mufs.

Schleusenthore dieser Art waren in kleineren Dimensionen schon seit geraumer Zeit auf Amerikanischen Canälen angewendet, später hat man sie aber auch auf gröfsern Canälen, wie auf dem Eric-Canal, und zwar in den Oberhäuptern zur Ausführung gebracht. Diese Schleusen sind 18½ Fufs weit und das Gefälle beträgt bei der in Rede stehenden Schleuse über 9 Fufs. Dabei ist noch eine eigenthümliche Art von Umläufen in Anwendung gekommen, die das Füllen der Kammer wesentlich beschleunigt, und wovon später die Rede sein wird. Wie es scheint, kommen sie nur in den Oberhäuptern vor.

Die Mauer, welche bis zur Sohle der vorhergehenden Canalstrecke sich erhebt, ist so weit abwärts versetzt, dafs das herabgeschlagene Thor sie nahe berührt, und die so gebildete Thorkammer ist zu beiden Seiten mit zurücktretenden Thornischen versehn. Wenn das Thor niedergelegt ist, ruht es auf zwei hölzernen Unterlagen, und diese liegen auf einem wasserdicht abgeschlofsnen hölzernen Boden, worin die Oeffnungen zum Einlassen des Wassers in die Kammer angebracht sind. Die Schlagschwelle, in deren Kehle die horizontale Wendesäule des Thors sich dreht, steht auf einer nicht verkleideten, aus mehreren Stielen bestehenden hölzer-

Wand. Jener wasserdichte Boden scheidet also das Oberwasser von der Kammer.

Das Thor ist 21 Fuſs lang. An die horizontale Wendesäule sind an beiden Enden cylindrische Zapfen angeschnitten, und gegenüber befindet sich nicht nur ein einfacher starker Balken, sondern derselbe wird noch durch eine dem Oberwasser zugekehrte Verstrebung unterstützt, deren Bolzen (ähnlich den Hängeeisen in senkrechten Verstrebungen) sein Durchbiegen verhindern. Beide horizontale Verbandstücke sind mit Einschluſs der Seiten-Rahmen, durch sieben Riegel verbunden, und die dazwischen befindlichen sechs Felder hat man auf beiden Seiten durch wasserdicht schliessende Bohlen verkleidet, nachdem die Zwischenräume mit Steinen gefüllt waren. Das Thor stellt sich aber, wenn es gehoben wird, nicht lothrecht, sondern bleibt etwas geneigt, woher es, sobald der Wasserdruck aufhört, von selbst niederfällt und sich dadurch öffnet. Die Winde zum Heben des Thors steht nicht, wie Fig. 341 angiebt, hinter demselben, sondern am obern Ende der Thornische, und von ihr gehn zwei Ketten aus, die über je eine Rolle nach dem vortretenden Kopfe des obern Rahms des Thors führen. Die eine dieser Rollen ist über dem stromabwärts gekehrten Ende der Thornische, und die andre am gegenüberstehenden Ende derselben, und zwar nahe über dem Thorkammerboden angebracht. Jenachdem man also die mit einem Vorgelege versehene Winde nach einer oder der andern Seite dreht, so hebt oder senkt man das Thor. Letzteres wird aber wieder nur an einer Seite gefaſst.

Die Vorzüge dieses Thors gegen gewöhnliche Stemmthore bestehn zunächst in der einfacheren Construction, sodann wird bei gröſsern Schleusen auch die Thorkammer etwas verkürzt. Man soll in Amerika diese Anordnung in Verbindung mit der Vorrichtung zum Füllen der Kammer nicht nur als einfacher und wohlfeiler in der ersten Anlage, sondern auch als sehr bequem in der Handhabung befunden haben, während die Füllung der Kammer dabei besonders schnell erfolgt. *)

*) *Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amérique.* Paris 1873. p. 340.

§. 68.

Eiserne Schleusenthore.

Wegen der Vergänglichkeit des Holzes, besonders wenn dasselbe abwechselnd der Benetzung und dem Zutritt der Luft ausgesetzt ist, hat man seit geraumer Zeit versucht, einzelne Theile der Schleusenthore oder dieselben auch vollständig aus Gusseisen oder aus gewalztem Eisen darzustellen. Die Verwendung des gewalzten Eisens hat zu sehr befriedigenden Resultaten geführt, und um so mehr Eingang gefunden, als es immer schwieriger wird, die zu den Verbandstücken nöthigen starken und gesunden Eichenstämme zu beschaffen. Dabei darf freilich nicht unbeachtet bleiben, dass auch heutiges Tages, wenigstens Thore von mässigen Dimensionen mit geringeren Kosten aus Holz, als aus Eisen darzustellen sind.

Als wesentliche Uebelstände der hölzernen Schleusenthore bezeichnet man ihre kurze Dauer, die Nothwendigkeit häufiger Reparaturen und den wenigstens alle zwei Jahre zu wiederholenden Theeranstrich. Dabei sind auch nicht nur die Kosten, sondern auch die Unterbrechung der Schiffahrt zu berücksichtigen.

Der französische Ingenieur Lermoyez, zu dessen Dienstkreis eine grosse Anzahl Schleusen an der obern Schelde, am Canal von Mons und am Canal St. Quintin gehören, erklärte dagegen*) diese Bedenken gegen hölzerne Thore für weniger erheblich, als man sie gemeinhin auffasst. Er führt an, dass die erste Schleuse im Canal St. Quintin, durch welche im Jahre 1865 nicht weniger, als 12641 Schiffe gingen, hölzerne Thore hat, die obwohl 30 Jahre alt, sich noch in gutem Zustande befinden. Bei der überaus frequenten Schiffahrt, sei es aber nicht zu vermeiden, dass oft die Schütze der Unterthore schon gezogen werden, ehe die Oberthore ganz geschlossen sind, und letztere daher heftig zuschlagen. Es komme vorzugsweise darauf an, dass man ganz gesundes Holz verwende. Auch legt derselbe Gewicht auf die Verbindung der Rie-

*) *Annales des ponts et chaussées* 1866. *I. pag.* 127.

gel mit den Wende- und Schlagsäulen durch gusseiserne Eckstücke, von denen im vorigen Paragraph schon die Rede war. Die oft wiederholten Reparaturen stellt er ferner in Abrede, und sagt, dass diese sich nur auf die Schützvorrichtungen beziehn. Was endlich das Theeren betrifft, so erfolge dieses in jedem zweiten Jahre durch einen Unternehmer, der für jedes Thorpaar nur 4 Thaler erhält, und dabei werde die Schiffahrt auch nur an einem Tage unterbrochen.

Für Thore aus gewalztem Eisen liegen wohl kaum dreissigjährige Erfahrungen vor, wenigstens sind solche noch nicht bekannt geworden, dagegen haben diese Thore nach zwanzigjährigem Gebrauch sich bisher schon vollständig bewährt, und besonders wichtig ist es, dass das Rosten, das man vorzugsweise besorgte, noch nirgend in bedrohlicher Weise eingetreten ist.

Das Gusseisen hat sich dagegen nicht als sicher erwiesen, da es bei starken Erschütterungen bricht, und namentlich ist dieses vielfach erfolgt, wenn Schiffe gegen die Thore stiessen, was sich nicht immer vermeiden lässt. Von der Anwendung des Gusseisens zu diesem Zweck ist man daher in neurer Zeit zurückgekommen.

Die ersten eisernen Schleusenthore und zwar aus Gusseisen, sind wie es scheint von Telford auf dem 1793 begonnenen Ellesmere-Canal erbaut. Telford sagt*), er sei hierzu durch die Erfahrung veranlasst, dass gewöhnliche Thore, selbst aus dem besten Englischen Eichenholz, nach wenig Jahren schadhaft werden, indem sie bei dem häufigen Wechsel der Nässe und Trockenheit leiden. Bei jeder Erneuerung oder Ausbesserung der Thore werde aber die Schiffahrt unterbrochen, und es erscheine aus diesem Grunde als dringendes Bedürfniss, für grössere Dauer der Schleusenthore zu sorgen. Der Ueberfluss an Eisenerzen in der Grafschaft Shropshire habe ihn auf die Anwendung des Gusseisens, statt des Holzes geführt. Der Erfolg habe seine Erwartung vollständig gerechtfertigt, denn einige dieser Thore seien bereits über zwanzig Jahre im Gebrauch, zeigen aber noch keine Spur von Beschädigung oder Abnutzung.

Die Schleusen des benannten Canals, oder vielmehr des ganzen Canal-Systems in dortiger Gegend sind theils 14, theils 7 Fuss

*) *Life of Telford.* London 1838 pag. 36.

Engl. weit. Die Thore der letztern sind nicht Stemmthore, sondern bestehn nur aus einzelnen Flügeln, und diese, so wie auch die Stemmthore in den Oberhäuptern der weitern Schleusen sind in einem Stück als Platten gegossen. Jede derselben ist statt der Riegel mit Verstärkungs-Rippen versehn, und die Schlagsäule und Wendesäule, so wie auch der Schwellrahm sind gleichfalls durch denselben Guss dargestellt. Die Wendesäule trägt über dem cylindrischen Halse noch einen starken Ring, in welchen der hölzerne Drehbaum gesteckt ist, der bis zur Schlagsäule reicht. Die Unterthore der weitern Schleusen, welche über 20 Fuss hoch sind, bestehn dagegen aus einzelnen gusseisernen Verbandstücken, die mittelst vorstehender Ränder durch Schraubenbolzen verbunden sind. Sie haben auch eine hölzerne Bekleidung. Ihre Construction stimmt also mit der später für gusseiserne Thore allgemein üblich gewordnen wesentlich überein.

In den Schleusen des Montgomery-Canals, der sich von dem eben erwähnten Canalsystem in südwestlicher Richtung bis Newtown fortsetzt, bestehn die Thore gleichfalls aus eisernen Platten, die nebst den Schlag- und Wendesäulen in einem Stück gegossen sind *). Die lichte Weite der Schleusen in den Häuptern misst 7 Fuss Engl. Die Oeffnungen werden hier durch je zwei Stemmthore geschlossen. Die Achsen der beiden Wendesäulen stehn 8 Fuss aus einander. Die Thore bilden cylindrische Flächen, die sich, wenn die Thore geschlossen sind, zu einer einzigen verbinden oder zu demselben Cylinder gehören. Die Pfeilhöhe dieses ganzen Bogens misst 1 Fuss 4 Zoll, während die Sehne, wie bereits angegeben, 8 Fuss lang ist. Der Krümmungshalbmesser beträgt daher 6 Fuss 4 Zoll. Fig. 313 *b* auf Taf. XLV zeigt eines dieser Thore in der Ansicht vom Oberwasser, und *a* dasselbe von oben und im horizontalen Durchschnitt.

Eine auffallende Eigenthümlichkeit dieser Thore besteht darin, dass die Verstärkungsrippen, welche die Stelle der Riegel vertreten, nicht, wie sonst geschieht, an der dem Unterwasser zugekehrten, sondern auf der entgegengesetzten Seite liegen. Die Thore lehnen sich also mit den, durch keine Riegel unterbrochnen, cylindrischen Flächen an die Schlagschwellen und an die Wendenischen

*) *Publice Works of Great Britain. Division II.* pag. 5.

an. Diese Anordnung gewährt den Vortheil, dass die Wendesäulen nicht, wie sonst üblich, aus einem halben Cylinder bestehn müssen, vielmehr genügt es, wenn sie nur den vierten Theil des Cylinders bilden. Im Durchschnitt Fig. 313*a* ist die Platte, welche die Stelle des Bohlenbelages vertritt, stark ausgezogen, und man bemerkt, dass sie die Wendesäule ersetzt, indem sie hier im Viertel-Kreise gekrümmt ist. Sie bildet dadurch eine vortretende Rippe, an welche die horizontalen Verstärkungsrippen oder die Riegel sich anschliessen. An der entgegengesetzten Seite befindet sich eine ähnliche, unter spitzem Winkel vortretende Verstärkungsrippe, die als Schlagsäule dient, und sich gleichfalls an die horizontalen Rippen oder Riegel anschliesst.

Am untern Ende der erwähnten cylindrischen Fläche ist eine starke Platte angegossen, welche die Pfanne trägt, das obere Ende ergänzt sich dagegen zu einem hohlen Cylinder, und bildet den Hals, um welchen das Thor sich dreht. Der Hals ist nach der vom Thore abgekehrten Seite umgebogen und mit vortretendem Rande versehn. An letztern ist mittelst eines gleichen Randes der gusseiserne Drehbaum durch sechs Schrauben befestigt.

Der Drehbaum hat in diesem Fall nicht den Zweck, das Gegengewicht zu bilden, da ein Sacken undenkbar ist, er dient nur zum Oeffnen und Schliessen des Thors. Bei der auf den Englischen Canälen ziemlich allgemein herrschenden Gewohnheit, dass die Schleusen nicht fortwährend beaufsichtigt werden, die Schiffer vielmehr selbst die Thore und die Schütze öffnen und schliessen, geschieht es häufig, dass das Schliessen der Thore der Strömung überlassen wird, oder dass die Schütze der geschlossnen Thore schon geöffnet werden, während die andern Thore noch offen stehn. Letztere schlagen alsdann mit grosser Heftigkeit zu, und wenn das Moment des Drehbaums gross ist, oder wenn er wirklich das Gegengewicht bildet, so bricht er in diesem Falle ab. Hierin liegt der Grund, weshalb derselbe hier, wo dieses ohne Nachtheil geschehn konnte, möglichst erleichtert und nur in der Nähe des Thors verstärkt ist.

Um die Thore wasserdicht zu machen, wurden die Schlagsäulen gegen einander und die Wendesäulen gegen die Wendenischen geschliffen. Letzteres geschah in derselben Art, wie bereits beschrieben. Man setzte jedes Thor einzeln ein, und presste

es gegen die Wendenische, indem sowohl der untere Zapfen, als auch das Halsband scharf angetrieben wurden. Hierauf wurde unter fortwährendem Zugiessen von Wasser das Thor hin- und hergedreht, wobei theils die gusseiserne Wendesäule, theils aber auch die festen Sandsteine der Wendenische sich abschliffen. Sobald das Thor sich ziemlich leicht bewegen liess, wurde der Zapfen und das Halsband auf's Neue angetrieben, und diese Operation so lange fortgesetzt, bis die Wendesäule sich der Wendenische genau angeschlossen hatte. Demnächst wurde eines der beiden Thore auf einer Rüstung so niedergelegt, dass die Wendesäule unten, und der Anschlag der Schlagsäule horizontal und etwas höher lag. Das andre Thor wurde hierauf mittelst einer geeigneten Befestigung daran gelegt, und der scharfe Schluss beider Schlagsäulen in gleicher Weise, nämlich wieder durch gegenseitiges Abschleifen dargestellt. Scharfer Sand war zwischen beide geschüttet, und unter häufigem Zugiessen von Wasser bewegte man das eine Thor in seiner Längenrichtung etwa 5 Zoll hin und her, wodurch beide Schlagsäulen geebnet wurden.

Endlich musste auch noch dafür gesorgt werden, dass die Thore sich wasserdicht an die Schlagschwellen anlehnten. Dieses war indessen leicht zu erreichen, indem die massiven Drempel durch aufgebolzte hölzerne Schwellen verkleidet wurden, denen man theils die den Thoren entsprechende Form leicht geben konnte, die theils aber auch unter dem starken Druck der Thore etwas comprimirt wurden, und sonach von selbst die passende Form annahmen.

Auch bei uns hat man die Anwendung des Gusseisens zu Schleusenthore versucht, und zwar ist dieses im Jahre 1822 auf dem Chlodnitz-Canal in Schlesien geschehn, die gewählte Anordnung weicht indessen von den beschriebnen kleineren Thoren, und noch mehr von den grösseren Dockthoren wesentlich ab *). Man hat im Allgemeinen die bei uns übliche Holzconstruction beibehalten. Die Thore bilden auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite ebne Flächen, ihre Breite beträgt 8 Fuss 8 Zoll. Sie sind mit Riegeln, im Abstande von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuss, und ausserdem mit zwei Mittelstielen versehn. Die Riegel nebst Ober- und Unterrahm und

*) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen 1828. Seite 41.

den beiden Mittelstielen sind in einem Stück gegossen. Jeder dieser Theile bildet eine etwa 5 Zoll breite Platte mit 3 Zoll hoher Verstärkungs-Rippe, die dem Unterwasser zugekehrt ist. Die Wendesäule besteht in einem hohlen Cylinder, der von oben bis unten den Vollkreis zum Querschnitt hat, und mit Ausschluss des Halses, wo das Halsband ihn umfasst, mit einer Rippe versehn ist, an welche die Enden der Riegel und Rahme angeschroben sind. In gleicher Weise ist die gusseiserne gekröpfte Platte, die als Schlagsäule dient, mit letztern verbunden. Ein einfacher Bohlenbelag bildet auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors die Bekleidung. Die Bohlen sind aber wieder, wie bei hölzernen Thoren, schräge gestellt, und mit allen Riegeln nnd Mittelstielen, die sie treffen, durch Schraubenbolzen verbunden. Dass sie als Streben wirken sollten, ist wohl nicht vorauszusetzen, da der gusseiserne gitterförmige Rahmen eine Formveränderung nicht besorgen liess, man wählte vielmehr diese Stellung nur, um sie vielfach befestigen zu können. Endlich ist an den Kopf der Wendesäule und an denjenigen der Schlagsäule noch ein gusseisernes Verbandstück befestigt, in welches der hölzerne Drehbaum eingeschoben wird.

Zur Darstellung eines wasserdichten Schlusses, und um zugleich das Gusseisen vor unmittelbaren Stössen zu schützen, sind starke eichene Bohlen sowohl an die Schlagsäule, als an den untern Rahm mittelst Schrauben befestigt, welche, sobald die Thore geschlossen werden, theils sich gegenseitig, und theils die Schlagschwellen berühren. Eigenthümlich ist das Verfahren zur Dichtung der Wendesäule gegen die Wendenische. In der Wendesäule befindet sich nämlich an der Stelle, wo der Schluss stattfinden soll, eine 2 Zoll breite Nuthe, die am Boden noch etwas breiter ist, also einen schwalbenschwanzförmigen Querschnitt hat. Diese ist mit Blei ausgegossen, und zwar so, dass Letzteres noch etwas vor der Oberfläche der Säule vorsteht. Bei eintretendem Druck schliesst sich das Blei an die Steine der Wendenische an, und verhindert das Durchdringen des Wassers. Ob hierdurch dauernd der beabsichtigte Zweck erreicht worden, muss dahin gestellt bleiben, die Thore selbst zeigten sich aber keineswegs besonders dauerhaft, zerbrachen vielmehr, sobald die Schiffe dagegen stiessen, und sind nur kurze Zeit im Gebrauch gewesen. Vielleicht wurde das Brechen

derselben durch die Spannung des gusseisernen Rahmens befördert, denn es ist bekannt, dass bei sehr ungleichförmiger Vertheilung der Masse in einzelnen Gussstücken, auch die Abkühlung ungleichmässig erfolgt, und daher an den Stellen, wo ein Uebergang aus dem grösern in den kleinern Querschnitt statt findet, wie hier neben den Kreuzungen der Riegel und Stiele, schon beim Erstarren und Erkalten des Eisens starke Spannungen und oft sogar Risse entstehn, welche die erste Veranlassung eines spätern Bruches sind.

Von grösserer Wichtigkeit ist die Anwendung des Gusseisens im Bau der Thore von Schleusen geworden, die zum Durchgange der Seeschiffe bestimmt sind. Nachdem im Jahre 1803 die Ausführung des Caledonischen Canals genehmigt war, zeigte es sich, dass das zu den Schleusenthoren erforderliche Holz in fehlerfreiem Zustande und in den gehörigen Dimensionen nur für übermässige Preise angeschafft werden konnte. Dieser Umstand bewog Telford, die Haupt-Verbandstücke auch hier aus Gusseisen darzustellen. Später hat man beim Bau von Dockschleusen dasselbe gethan, und Thore von noch grössern Dimensionen aus Eisen zusammengesetzt. Dabei wurde freilich das Bedenken angeregt, dass das Gusseisen im Seewasser, wenn auch keiner schnellen, doch einer stets fortschreitenden Veränderung seiner Masse ausgesetzt ist, und endlich in seiner ganzen Stärke den ursprünglichen Zusammenhang verliert. Gusseiserne Kanonen, die etwa hundert Jahre in einem gesunkenen Schiffe gelegen hatten, waren so weich, dass man sie mit einem Federmesser zerschneiden konnte, und hatten sich dem Anschein nach in Graphit verwandelt. Im süssen Wasser leidet das Gusseisen weniger, aber als ganz unvergänglich ist es nach manchen Erfahrungen auch hier keineswegs anzusehn. Davy's Entdeckung, dass man ein Metall vor dem Oxydiren schützt, sobald man es mit einem andern Metall in Verbindung bringt, das in höherm Grade electropositiv ist, hat man auch zur Sicherung der eisernen Schleusenthore benutzt. Man hat Zinktafeln aufgelöthet, die von Zeit zu Zeit erneut werden müssen, indem die Oxydation oder die Verbindung mit dem Sauerstoff des Wassers an ihrer Oberfläche in ausgedehntem Maasse erfolgt. Leslie fand bei wiederholten Untersuchungen der Thore des Dundee-Docks, wo dieses Mittel angewendet war, dass nach Verlauf von drei Jahren

die Wirksamkeit des Zinks aufhörte, und das Eisen zu rosten anfing *).

Bei dem Gusseisen zeigt sich noch ein andrer Uebelstand, dessen bereits bei Beschreibung der Thore der Chlodnitzer Canalschleusen gedacht ist. Derselbe beruht in der grossen Sprödigkeit. Die nicht immer zu vermeidenden Stösse beim Gegenfahren der Schiffe, oder beim Zuschlagen der Thore, namentlich in den Dock-Schleusen, können leicht zerstörende Wirkungen äussern, und wenn hölzerne Verbandstücke dabei gleichfalls leiden, so ist doch das Holz zäher, als das Gusseisen. In jenem wird vielleicht ein Theil der Fasern zusammengepresst und geknickt, oder auch wohl zerrissen, während das Verbandstück den Zusammenhang nicht ganz verliert, beim Gusseisen dagegen erfolgt der Bruch sogleich vollständig, und der gebrochne Riegel oder die Säule zerfällt in mehrere Stücke. Welchen Gefahren die Schiffe und die Umgebungen der Schleuse alsdann ausgesetzt sein können, bedarf keiner nähern Erörterung.

Obwohl das Gusseisen auch später noch zu grossen Schleusenthoren benutzt worden ist, so hat doch die neuere Schiffsschleuse im Caledonischen Canal, welche vorzugsweise die Umgebungen gegen einen Durchbruch des Loch-Lochy sichern soll, hölzerne Thore erhalten. Die Beschaffung des Eichenholzes verursachte dabei wieder sehr grosse Schwierigkeiten, aber man entschloss sich lieber dazu, schwere Mahagony- und Teakholz-Stämme aus America zu verwenden, als Gusseisen zu wählen **). Dass die Thore vor dem Coburg-Dock in Liverpool aus Holz bestehn, ist bereits erwähnt, auch hat das noch später ausgeführte grosse Dock in Liverpool, dessen Oeffnung sogar 80 Fuss misst, wieder hölzerne Thore erhalten.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Zweckmässigkeit der Benutzung des Gusseisens zu grossen Schleusenthoren, namentlich in Seehäfen, gehe ich zur Beschreibung derselben über, und werde mit den von Telford gebauten Thoren in den Schleusen des Caledonischen Canals den Anfang machen.

Die lichte Weite dieser Schleusen misst 38 Fuss 10 Zoll Rhein-

*) *Civil Engineer and Architect's Journal.* 1845. pag. 150.

**) *Civil Engineer and Architect's Journal.* 1845. pag. 258.

ländisch, und die Thore sind in der Sehne gemessen 21 Fuss 10 Zoll lang. Die Pfeilhöhe ihrer Krümmung beschränkt sich nur auf etwa 6 Zoll. Fig. 307 auf Taf XLIII zeigt eines dieser Thore *a* in der Ansicht vom Oberwasser, *b* in der Ansicht vom Unterwasser, *c* im horizontalen und *d* im vertikalen Durchschnitt. Letzterer ist jedoch an zwei verschiednen Stellen gedacht. Im untern Theile zeigt er die Querschnitte der Riegel und die Vorrichtung zur Unterstützung des Thors durch die Rolle, oben dagegen stellt er die Wendesäule dar, bevor dieselbe mit den Riegeln verbunden ist. Die Wende- und Schlagsäule, sowie die Riegel mit Einschluss des obern und untern Rahms sind einzeln gegossen und durch Schraubenbolzen mit einander verbunden. Die Details dieser Verbindung so wie die Dimensionen von einzelnen der erwähnten Verbandstücke weisst Fig. 308 *a* und *b* specieller nach. Die Bekleidung besteht aus 2½ zölligen eichnen Bohlen und ist nur einfach.

Die Wendesäule besteht aus einem hohlen Cylinder von 18 Zoll Durchmesser, der jedoch nur oben und unten die ganze Cylinderfläche darstellt. Vom Oberrahm bis zum Schwellrahm bildet er im Querschnitt nur einen Halbkreis, welcher an der den Riegeln zugekehrten Seite durch eine ebne, daran angegossne Platte abgeschlossen wird. An letztere werden die auf- und abwärts gerichteten Lappen der Riegel mittelst Schraubenbolzen befestigt. Zwischen je zwei Riegeln befindet sich in dieser Platte jedesmal eine Oeffnung, wodurch theils die Eisenmasse etwas vermindert, theils aber auch das Einsetzen jener Bolzen erleichtert wird, indem man überall in die Säule hineingreifen kann. Die Riegel sind 16 Zoll breit, an der Seite der Bekleidung mit Rändern versehn, die sowohl nach oben, als unten vortreten, und woran die die Bohlen mit Schraubenbolzen befestigt sind. An der gegenüberstehenden Seite befindet sich an dem Riegel noch eine niedrige, abwärts gekehrte Verstärkungsrippe. Endlich sind an die Enden der Riegel die bereits erwähnten, nach oben und unten gekehrten Lappen angegossen wodurch die Verbindung mit der Wende- und mit der Schlagsäule dargestellt wird (Fig. 308). Die Schlagsäule besteht nur aus einer Platte mit niedriger Verstärkungsrippe an einer Seite. In Fig. 307 *c* ist dieselbe gezeichnet, sowie auch der Querschnitt des mittleren Theils der Wendesäule. Der Oberrahm und der Schwellrahm sind im Wesentlichen den beschriebnen Rie-

geln gleich. Dem erstern fehlen nur die sämmtlichen nach oben, und dem letztern die nach unten gekehrten Ränder.

Zur Darstellung des wasserdichten Schlusses zwischen den Schlagsäulen der beiden Thore und neben den Schlagschwellen sind sowohl an die Schlagsäule, als auch an den Schwellrahm Holzstücke gebolzt, die man in Fig. 307 *c* und *d* und in Fig. 308 *b* bemerkt. Die Bekleidungs-Bohlen sind lothrecht gerichtet und mittelst Schraubenbolzen an die Ränder der Riegel und Rahme befestigt. Zwischen die untern Riegel sind hölzerne Rahmen und Stützen geschoben, welche mit den auf der andern Seite des Thors befindlichen Schossthürleisten verbunden sind und zur gehörigen Befestigung der letztern dienen. Diese Leisten, sowie die Schütze selbst und die in den Bohlenbelag eingelassnen Rahmen, wogegen die Schütze sich lehnen, bestehn aus Gusseisen, und sind an den Stellen, wo sie sich berühren, sorgfältig geebnet. Die nähere Beschreibung derselben, sowie der Rolle, die das Thor trägt, und deren Befestigung, soll später mitgetheilt werden.

Die eben beschriebene Construction ist im Wesentlichen auch bei später ausgeführten gusseisernen Thoren beibehalten, wenn gleich manche Abweichungen in einzelnen Theilen dabei vorkommen.

Bei den Thoren des Docks zu Montrose, welches 1843 erbaut wurde, besteht die Bekleidung aus Eisenblech, und zwar ist eine solche auf jeder Seite des Thors angebracht, oder es sind wasserdicht abgeschlossne Räume zwischen den Riegeln gebildet, die, wenn sie leer sind, das Thor tragen und das Sacken desselben verhindern. Auch die Hauptverbandstücke weichen in mancher Beziehung von den vorher beschriebnen ab. Einzelne Details derselben sind Fig. 314 auf Taf. XLV dargestellt, *a* ist ein horizontaler Querschnitt durch die Wendesäule, *b* durch die Schlagsäule, *c* ein vertikaler Durchschnitt nach der Längenrichtung des Thors an der Seite der Schlagsäule und *d* ein solcher quer durch das Thor gelegt *).

Die lichte Weite dieser Dockschleuse misst 55 Fuss Englisch, der Abstand beider Drehungsachsen in den Wendesäulen beträgt 57 Fuss, und in dem gleichschenkligen Dreieck, welches im Grundriss durch die Sehnen der Thorflächen gebildet wird, beträgt die

*) *Civil Engineer and Architect's Journal. Vol. VIII. pag.* 150.

Höhe 10 Fuss, die Pfeilhöhe der Krümmung jeder Thorfläche dagegen 18 Zoll. Die Thore sind 22 Fuss hoch.

Die Wendesäule ist, wie Fig. 314 *a* zeigt, theils durch eine cylindrische, und theils durch eine ebne Fläche umschlossen. Erstere dehnt sich aber über den halben Cylinder aus. Sie hält 1 Fuss 9 Zoll im Durchmesser. In der ebnen Fläche befinden sich wieder Oeffnungen, um das Einsetzen der Bolzen zu erleichtern. Die Wandstärke der cylindrischen Fläche misst 1¼ Zoll, die der ebnen 1½ Zoll. Oben und unten ergänzt sich die Wendesäule zum vollen Cylinder, und ist auf einer grossen Drehbank abgedreht. In ihr unteres Ende ist in gleicher Art, wie bei den Thoren des Caledonischen Canals (Fig. 308 *b*), die Pfanne eingeschoben, welche den an die Bodenplatte angegossnen Zapfen umfasst. Um die Riegel sicher befestigen zu können, und um zugleich ein mögliches Verschieben derselben beim Anziehn der Schrauben, oder später zu verhindern, sind an die ebne Oberfläche der Wendesäule jedesmal zwei flache kurze Rippen, oder sogenannte Nasen angegossen, auf welchen der abwärts gekehrte Lappen an jedem Ende eines Riegels aufliegt, wie Fig. 314 *c* und *d* zeigt.

Die Schlagsäule besteht aus einer 18 Zoll breiten und 1¼ Zoll starken Platte, die an jeder Seite mit einem 1¼ Zoll starken umgebognen Rande versehn ist, wozwischen das Holzstück eingesetzt ist, welches den eigentlichen Anschlag gegen das andre Thor bildet. Auch an die Schlagsäule sind jene Nasen angegossen, welche jeden Riegel unterstützen. Zwischen den Riegeln befinden sich auch hier, wie in der ebnen Fläche der Wendesäule, Oeffnungen, um die Eisenmasse zu vermindern.

Die Riegel, von denen mit Einschluſs des obern und untern Rahms in jedem Thor eilf angebracht sind, bestehn aus 2zölligen Platten, deren Breite in der Mitte des Thors 18, und an den Enden 16 Zoll mifst. An jeder Seite der Riegel sind Rippen angegossen, die theils aufwärts, und theils abwärts gekehrt sind, und sowohl zur Verstärkung, als auch zur Befestigung der Bekleidungen des Thors dienen. Die Höhe dieser Rippen beträgt 9 Zoll. Die dem Oberwasser zugekehrte, oder an der convexen Seite des Thors befindliche Rippe ist 2 Zoll stark, die andre dagegen nur 2½ Zoll. Die an den Enden der Riegel auf- und abwärts gerichteten Lappen sind 2 Zoll stark und zusammen 18 Zoll hoch. Mit

den horizontalen Platten der Riegel sind diese Lappen nicht nur durch die eben erwähnten Rippen zu beiden Seiten verbunden, sondern es dienen hierzu noch besondere Verstärkungen, die auf der Platte zwischen beiden Rippen liegen und sowohl aufwärts als abwärts die Lappen unterstützen. Die untern Lappen liegen an jeder Seite des Riegels auf den Nasen, die sowohl an die Wendesäule, als an die Schlagsäule angegossen sind, und jeder Lappen ist mittelst zwei Schraubenbolzen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke an die Säule befestigt.

Die Bekleidung, welche auf beiden Seiten angebracht ist, besteht aus Kesselblechen. Die untere Reihe derselben, etwa 6 Fuſs hoch, hat eine Stärke von $\frac{1}{2}$ Zoll, die übrigen dagegen nur von $\frac{5}{16}$ Zoll. Diese Bleche sind sowohl unter sich, als an die Riegel, die Wendesäule und Schlagsäule geniethet. Die Niethen sind im untern Theil des Thors $\frac{3}{4}$ Zoll, oben dagegen nur $\frac{1}{8}$ Zoll stark. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll. Um die Wasserdichtigkeit der Bekleidung zu prüfen, wurde das Thor, nachdem es zusammengesetzt war, lothrecht aufgestellt und voll Wasser gegossen.

Um den wasserdichten Schluſs der Thore gegen die Wendenischen, die Schlagschwellen und der beiden Schlagsäulen gegen einander zu bilden, wurde zunächst jede Wendesäule, ehe sie mit den Riegeln verbunden war, in die vorher mit möglichster Sorgfalt ausgearbeitete Wendenische gestellt, oben und unten scharf dagegen gekeilt, und unter fortwährendem Zugieſsen von Wasser und Zuschütten von scharfem Sande hin und her gedreht, bis die Berührung vollständig stattfand. Der untere Riegel oder Schwellrahm ist nur mit den aufwärts gekehrten Rippen und Lappen versehn, er bildet daher an der untern Seite eine ebne Fläche. An letztere ist eine eichene Schwelle von 12 Zoll Höhe befestigt, die in der Mitte 19 und an jedem Ende 17 Zoll breit ist. Die Fuge zwischen ihr und der guſseisernen Platte ist mit Filz gedichtet, und Schraubenbolzen mit versenkten Köpfen pressen Beide fest zusammen. In ähnlicher Weise ist die Schlagsäule zwischen ihren beiderseitigen Rippen mit einem eichnen Balken ausgefüttert, der genau schlieſsend eingetrieben ist, und in die hölzerne Schwelle des Schwellrahms mit einem Zapfen eingreift. Er ist überdies mittelst 1zölliger Bolzen an die Rippen der Schlagsäule befestigt.

Eine Verstrebung fehlt auch diesem Thor. Das Sacken ist

theils durch eine Rolle verhindert, auf welcher das Thor ruht, theils auch dadurch, dafs man Letzteres auspumpen und sonach den Wasserdruck zum Tragen desselben benutzen kann.

In jedem Thorflügel befindet sich eine Schütz-Oeffnung von 3 Fufs Höhe und 2 Fufs Breite Das Schütz selbst besteht eben so wie der Rahmen und die Leisten, wozwischen es sich bewegt, aus Eisen. Die Anwendung eines andern Metalls ist überhaupt an dem ganzen Thore vermieden. Eine Ausnahme davon machen nur die Zinkstreifen, die man vielfach angebracht hat, um der Oxydation des Eisens vorzubeugen.

Die gufseisernen Thore der trocknen Docks zu Sherness sind insofern wichtig, als man sie mit vollständiger Verstrebung versehn hat. In gleicher Weise, wie bei hölzernen Thoren, läuft die Strebe in diagonaler Richtung durch das Thor, doch steht sie nicht auf dem Fufs der Wendesäule auf, vielmehr nahe dem Ende des letzten Riegels über dem untern Rahm. Jedes Thor ist 31½ Fufs breit und 28 Fufs hoch. Die Krümmung entspricht einer Pfeilhöhle von 2½ Fufs. Die Wende- und Schlagsäule sind in gewöhnlicher Art angeordnet. Die Riegel, deren mit Einschlufs der beiden Rahme zwölf vorhanden sind, bestehn aus Platten von 15 Zoll Breite, die mit vier vertikalen, 6 Zoll hohen Rippen versehn sind. Drei dieser Ränder sind aufwärts und einer ist abwärts gekehrt. Der untere Rahm hat nur die drei aufwärts gekehrten, der obere aber drei abwärts gekehrte Rippen. Die beiden untern Riegel liegen unmittelbar über einander, so dafs die Rippen sich berühren. Der Abstand vergröfsert sich indessen nach und nach, und mifst oben 3 Fufs 4 Zoll. Die Strebe, gleichfalls aus einer Platte mit Verstärkungs-Rippen bestehend, ist aus zehn Theilen zusammengesetzt, welche mittelst angegofsner Lappen und Schraubenbolzen an die Riegel befestigt sind. Jedes Thor wird überdiefs durch eine 2 Fufs hohe Rolle neben der Schlagsäule unterstützt. Diese Rolle befindet sich vor der Ebne des Thors, und trägt dasselbe durch eine eiserne starke Stange, die bis zum obern Rahm heraufreicht. Letzterer ruht auf einer Schraubenmutter an jener Stange. Die Thore sind auf der äufsern Seite mit Holz, auf der dem Dock zugekehrten Seite dagegen mit Eisenblech verkleidet. *)

*) *The theory, formation and construction of British and foreign harbours, by J. Rennie.* London 1854. Vol. I. p. 35.

Das Eisenblech wurde schon mehrfach statt des Bohlenbelags gewählt. In neurer Zeit hat man indessen angefangen auch zu den Verbandstücken statt des Holzes und Gufseisens, gewalztes Eisen zu verwenden. Namentlich ist dieses vielfach geschehn, seitdem die Hütten Schienen von beliebig geformtem und zum Theil von sehr bedeutendem Querschnitt und zugleich von grofser Länge liefern. Die Benutzung solcher zu Thorriegeln hat vergleichungsweise mit den gufseisernen den grofsen Vorzug, dafs sie nicht spröde sind, und daher beim Gegenstofsen der Schiffe und beim heftigen Zuschlagen der Thore nicht brechen. In Betreff ihrer Beschädigung durch Rost, namentlich beim Zutritt des Seewassers, war man Anfangs sehr besorgt, doch haben die bisherigen Erfahrungen ein solches Bedenken nicht bestätigt.

Besondre Schwierigkeit bot anfangs die Darstellung der Wendesäulen aus gewalztem Eisen, vorzugsweise wenn dieselben grössere Längen hatten, woher man, wie in der Schleuse vor dem neuen Dock von Bremerhaven, dieses Verbandstück aus Gufseisen darstellte, während die Riegel und die Schlagsäule aus gewalztem Eisen bestanden. Vor die cylindrische Fläche der Wendesäule, soweit dieselbe sich an die Wendenische lehnt, dürfen freilich Niethköpfe nicht vortreten, aber bei Anwendung starker Bleche, die schon in Bezug auf die Festigkeit gewählt werden müssen, liefsen sich diese Köpfe leicht versenken, oder man konnte statt der Niethe auch Schrauben mit versenkten Köpfen verwenden. Wenn aber in solcher Berührungsfläche die Anbringung eines Stofses nicht vermieden werden kann, so geschieht die Verbindung durch untergelegte andre Bleche. Diese Schwierigkeiten sind gegenwärtig vollständig überwunden, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, woher die Anwendung des Gufseisens zu Verbandstücken der Thore, wie es scheint, ganz aufgehört hat.

Soviel bekannt, sind die ersten, ganz aus gewalztem Eisen bestehenden Thore, im Jahr 1845 bei der 39sten Schleuse des Rhein-Rhone-Canals vor dem grofsen Bassin bei Mühlhausen durch den Ingenieur Detzem entworfen und ausgeführt.

Diese Schleuse ist in den Häuptern 17 Fufs weit, ihr Gefälle beträgt 4 Fufs 9 Zoll. Die Thore sind 10 Fufs 4 Zoll breit, die Höhe der Oberthore mifst $7\frac{1}{2}$ Fufs, die der Unterthore 12 Fufs 4 Zoll.

Die Wendesäule besteht, wie die beiden horizontalen Durchschnitte derselben Fig. 251 *b* und *d* auf Taf. XXXII zeigen, aus zwei Blechen von 7 Linien Stärke, die so gebogen sind, dafs sie nach ihrer Zusammensetzung einen freien Raum von 12 Zoll Länge und 9 Zoll Breite einschliefsen. Neben ihren äufsern Rändern bei *A* und *A'* sind sie durch Reihen von Niethen mit einander verbunden. Der Abstand derselben von Mitte zu Mitte beträgt 2¼ Zoll. Man sieht diese auch in den übrigen Figuren. Auf der den Riegeln zugekehrten Seite bildet die Wendesäule eine ebne Fläche, die zwischen je zwei Riegeln mit Oeffnungen versehn ist, durch welche die verschiedenen Niethe und Schraubenbolzen eingesetzt werden konnten. Die Wendesäulen der Oberthore liefsen sich durch einfache Blechlängen darstellen, bei den Unterthoren war dieses jedoch nicht möglich. Bleche von solcher Länge waren freilich zu beschaffen, es fehlte jedoch an entsprechenden Oefen, worin man sie behufs des Biegens glühend machen konnte. Die Säulen mufsten daher in der Mitte gestofsen werden. Zu diesem Zweck wurde ein andres Blech von gleicher Stärke und passend gebogen hineingeschoben, welches den Stofs auf der innern Seite überdeckte, und an die ersten Bleche, welche die eigentliche Säule bildeten, angeniethet wurde.

In das obere Ende der so dargestellten Säule schob man einen passend geformten Block von Gufseisen ein, Fig. *a* und *b*. Die Höhe desselben mifst 4½ Zoll, und in ihn war der schmiedeeiserne abgedrehte Zapfen von 4 Zoll Durchmesser eingegossen. Durch zwei Schrauben *B* und *B'* ist dieser Klotz, der den Raum scharf ausfüllt, befestigt. Ein ähnlicher Klotz, der die Pfanne für den untern Thorzapfen bildet, ist in das untere Ende der Säule eingeschoben und in gleicher Art befestigt (Figur *c*). Die erwähnten Schrauben *B* und *B'* sind mit versenkten Köpfen versehn, und diese wurden später sorgfältig abgefeilt, so dafs sie die Flächen, welche mit der Wendenische in Berührung kamen, nicht unterbrachen.

Es mufs erwähnt werden, dafs hier keine Versetzung der Drehungsachse vorkommt. Die Achse des Zapfens ist zugleich auch Achse der cylindrischen Fläche der Wendesäule. Die Wendesäule lehnt sich aber, sobald das Thor geschlossen ist, nicht an die Wendenische, vielmehr bleibt zwischen beiden ein freier Raum, der

etwa 1 Zoll weit ist. Die Reibung wird hierdurch freilich vermieden, aber der Druck der sämmtlichen Riegel überträgt sich auf die Wendesäule und den obern Zapfen derselben. Der wasserdichte Schluſs bildet sich am äuſsern Rande der Wendenische, indem die Wendesäule bei *B'* sich scharf gegen diesen lehnt.

Die Schlagsäule besteht aus Eichenholz, und wird sowol an der Seite, wo die Riegel dagegen stoſsen, als auch nach dem Oberwasser hin durch ein im rechten Winkel gebogenes Blech von 7 Linien Stärke und 1 Fuſs Breite umfaſst. An dasselbe ist sowol dieser hölzerne Stiel, wie auch jeder Riegel oder Rahm mittelst Schrauben befestigt.

Die Riegel wie die Rahme, welche den 9½ Fuſs weiten Raum zwischen der Wendesäule und Schlagsäule überspannen, sind aus Blechen von 12½ Zoll Breite und 5 Linien Stärke dargestellt, indem man diesen durch zweimaliges Umbiegen einen rinnenförmigen Querschnitt gab, wie Fig. *f* zeigt. An beiden Enden sind sie aber in den Kanten auf 4 Zoll Länge aufgeschnitten. Der mittlere Theil, gleichsam die Sohle der Rinne, ist in gleicher Richtung fortgeführt, und an die Seitenfläche der Wende- wie der Schlagsäule durch zwei Schrauben befestigt (Fig. *d* und *c*). Die beiden andern Lappen sind dagegen rechtwinklig und zwar auswärts umgebogen und jedesmal mit vier Schrauben an die sich gegenüberstehenden Seiten der Wendesäule und der Schlagsäule angeschroben. Fig. *d* zeigt diese Verbindung im horizontalen Querschnitt der Wendesäule, Fig. *c* und *f* dagegen in der Seiten-Ansicht vom Unterwasser und vom Innern des Thors aus gesehn. Die Verbindung des obern Rahms mit der Wendesäule zeigt Fig. *a* und *b* im vertikalen und horizontalen Querschnitt. Der obere Lappen des Rahms ist hier abwärts gebogen. Im untern Riegel oder im Schwellrahm verbreiten sich die Lappen nach oben und unten, doch ist daselbst an den Riegel eine eichene Schwelle gebolzt, die beim Schlieſsen des Thors sich an die Schlagschwelle lehnt (Fig. *c*).

Die Oberthore haben mit Einschluſs der beiden Rahme vier, die Unterthore dagegen fünf Riegel. Zur Verstärkung derselben sind noch jedesmal zwei ähnlich geformte Stützen in die Zwischenräume aufrecht gestellt und an sie geniethet. Dieselben bilden also Mittelstiele, und dienen zur Befestigung der eisernen Schützleisten·

Auf der Seite des Oberwassers sind die Felder durch aufgeniethete Bleche von 1½ Linien Stärke verkleidet. *)

Seitdem sind vielfach Schleusenthore aus gewalztem Eisen zur Ausführung gekommen, und zwar vorzugsweise, wenn es sich um die Darstellung besonders grofser Thore handelte, indem die Beschaffung der erforderlichen langen und starken Hölzer oft unüberwindliche Schwierigkeiten bot. In Deutschland war die Dockschleuse vor dem neuen Dock in Bremerhaven das erste Bauwerk, wo Thore dieser Art zur Anwendung kamen, wenn freilich dabei die Wendesäulen noch aus kürzeren gufseisernen Cylindern zusammengesetzt wurden, deren Flanschen nach innen vortraten, und hier zusammengeschroben wurden. Die Riegel und Rahme bestehn dagegen aus gewalztem Eisen und sind auf beiden Seiten mit Blech verkleidet, wodurch sich dazwischen wasserdichte Räume bilden, die man beliebig mit Wasser anfüllen kann, so dafs die Thore nahe schwimmen, und wenn sie geöffnet sind, nur geringen Druck auf die Zapfen ausüben. Die lichte Weite der Schleuse mifst 66½ Fufs, und die Fluththore sind nahe 40 Fufs hoch. Letztere sind in der Maschinenfabrik von Waltjen bei Bremen erbaut, und man hat dabei auch besondre Vorkehrungen getroffen, das Rosten des Eisens zu verhindern, oder wenigstens zu mäfsigen. An jedem Thore befindet sich nämlich nahe unter dem niedrigsten Wasser ein Kästchen, worin eine dicke Zinkplatte liegt, von welcher aus Zinkstreifen nach verschiedenen Theilen des Thors führen. Die Oxydation findet vorzugsweise in der Zinkplatte statt, und diese kann, so oft sie zerstört ist, erneut werden. Welche Erfolge diese Anordnung gehabt hat, ist nicht bekannt geworden, doch haben die Thore bis jetzt noch keine auffallenden Beschädigungen gezeigt.

Die Thore in der Eingangsschleuse zum Hafen Geestemünde, die im Jahr 1861 eingehängt wurden, bestehn ganz aus gewalztem Eisen. Die Schleuse hat zwei Paar Ebbethore, und bildet also eine vollständige Schiffsschleuse, durch welche die Schiffe, so lange der Wasserstand in der Geeste es gestattet, bequem in den Hafen ein- und ausgehn können, in welchem der Wasserstand der Fluth gehalten wird. Zur Sicherung gegen ungewöhnliche Fluthen ist

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1849. *II. p.* 177.

aber noch ein drittes Thorpaar angebracht, welches den Eintritt des höchsten Wassers in den Hafen verhindert.

Die lichte Durchfahrtsweite mifst 74½ Fufs. Jedes Thor ist, in der Sehne gemessen, von der Wendesäule bis zur Schlagsäule 44 Fufs lang, in der dem Oberwasser zugekehrten Seite bildet es eine cylindrische Fläche, deren Radius 56 Fufs mifst. Die Anordnung ist hier so getroffen, dafs beide Thore eines Paares, wenn sie geschlossen sind, an den Schlagsäulen keine vortretende Kante bilden, sondern ohne Unterbrechung ihre cylindrischen Flächen fortsetzen. Die beiden Paare Ebbethore, welche die Kammer begrenzen, sind 237 Fufs von einander entfernt. Ihre Höhe mifst nahe 30 Fufs, während die Fluththore 40 Fufs hoch sind. Die Stärke der Thore mit Einschlufs der beiderseitigen Blechbekleidungen mifst in der Mitte 31½ Zoll, neben den Schlag- und Wendesäulen dagegen 25 Zoll.

Die Riegel, welche in Abständen von 3 bis 3½ Fufs von einander entfernt sind, bestehn aus Blechen von 5 bis 7 sechszehntel Zoll, indem sowol die Abstände geringer, wie die Stärken der Bleche bei zunehmender Tiefe gröfser werden. Um das Durchbiegen der Riegel in vertikaler Richtung zu verhindern, sind an beiden Seiten sowol oben wie unten Eckeisen dagegen geniethet, und andre Niethe, welche durch die Blechbekleidungen hindurchgreifen, verbinden die vertikalen Flächen der Eckeisen mit auswärts angebrachten Schienen.

Zwischen die Riegel sind jedesmal in nahe gleichen Abständen noch je drei Bleche gestellt, die also drei Mittelstiele bilden. Sie sind durch Eckeisen mit den Riegeln und eben so auch mit auswärts angebrachten Laschen verniethet. Die Bleche, welche die äufsere Verkleidung bilden, sind unten ½ Zoll, oben ⅜ Zoll stark. Sie sind ungefähr 9 Fufs lang und so breit, dafs sie von einem Riegel bis zum nächsten greifen.

Die sämmtlichen Riegel sind an beiden Enden mit aufrecht stehenden starken Blechen verbunden. An diese schliefst sich die Wendesäule an, deren Querschnitt nahe einen Halbkreis von etwa 16 Zoll Radius bildet. Der Umfang derselben besteht aus ¾zölligen, passend gebogenen Platten, und zu ihrer Sicherung sind ⊤ Eisen eingelegt, die in gleicher Weise gebogen sind. Eine am obern Ende gegen Eckeisen geniethete 3 Fufs lange und 2 Zoll starke

Eisenplatte trägt in einem aufgeschrobenen Ringe den obern Stahlzapfen von 8 Zoll Durchmesser. Unten dagegen ist ein Block aus Gusseisen mit der Pfanne für den untern Zapfen eingesetzt.

Die Schlagsäule besteht aus Eichenholz und an den untern Riegel, oder den Schwellrahm ist eine starke eichene Bohle befestigt, die sich gegen die Schlagschwelle lehnt.

Die Wendesäule berührt bei geschlossnem Thore die Wendenische, beim Oeffnen entfernt sie sich jedoch davon, indem die Drehungs-Achse um 1 Zoll versetzt ist. Obwohl hierdurch schon ein ziemlich dichter Schluss veranlasst wurde, so ist dennoch in der einspringenden Ecke zwischen der Wendesäule und den Riegeln noch ein eicherner Stiel befestigt, der sich gegen den äussern Rand der Wendenische lehnt*).

Aehnliche Schleusenthore waren schon etwas früher in den Niederlanden und zwar gleichfalls in grossen Dimensionen zur Ausführung gekommen**). Besonders wichtig sind diejenigen, die beim Neubau der Schleuse Wilhelm III an der Mündung des Nord-Holländischen Canals in das Y in den Jahren 1861 bis 1865 unter Leitung des verstorbenen General-Inspectors des Wassertsaates Conrad zur Ausführung kamen.

Es ist nöthig über diese Schleuse noch einige Bemerkungen voran zu schicken. Die Local-Verhältnisse habe ich früher im Allgemeinen bezeichnet***). Bei Erbauung des Canals wurde die südliche Mündung desselben, und mit dieser die erste Schleuse auf die Spitzen einer niedrigen, weit in das *Y* vortretenden Halbinsel verlegt. Letztere wurde zwar an beiden Seiten bis zur Schleuse eingedeicht, da man indessen die neuen Deiche nicht für hinreichend sicher hielt, so wurde zum Schutz des überaus fruchtbaren und unter der gewöhnlichen Fluthhöhe belegenen Binnenlandes an der Stelle, wo der Canal den alten Banndeich durchschnitt, in der Nähe von Buiksloot, noch eine Schleuse mit zwei Thorpaaren erbaut. Dieselbe dient nicht wie andre Schiffsschleusen zur Ueberführung

*) Die nähere Beschreibung dieser Thore verbunden mit der speciellen Berechnung der nöthigen Eisenstärken hat der Ober-Maschinenmeister Welkner in der Zeitschrift des Hannoverschen Architecten- und Ingenieur Vereins Vol. XI. 1865 Seite 226 mitgetheilt.

**) In demselben Bande der Hannoverschen Zeitschrift. Seite 492.

***) Beschreibung neuerer Wasserbauwerke 1826. Seite 62.

der Schiffe aus einem niedrigeren in ein höheres Niveau oder umgekehrt, vielmehr sollten diese Thore unter gewöhnlichen Verhältnissen geöffnet bleiben und nur bei sehr hohen Wasserständen des *Y* oder bei heftigen Stürmen, wenn ein Durchbruch der neuen Deiche besorgt wird, geschlossen werden. Man wollte alsdann aber beide Thorpaare benutzen, um im Falle eines solchen Ereignisses den Wasserdruck zu vertheilen. Jene erste Anlage bestand aus zwei neben einander befindlichen Schleusen. Die eine derselben, die Wilhelms-Schleuse, für den Durchgang der grössten Schiffe bestimmt, war zwischen Thore 50 Fuss weit, und 200 Fuss in der Kammer lang. Daneben befand sich eine kleinere von 19 Fuss Weite und 70 Fuss Länge.

Die Wilhelms-Schleuse war im Lauf der Zeit so schadhaft geworden, dass sie nicht mehr die nöthige Sicherheit bot, da jedoch die Schiffahrt nicht unterbrochen werden durfte, so baute man daneben eine dritte und zwar noch grössere Schleuse, die Schleuse Wilhelm III genannt, deren Dimensionen den grössten jetzt vorkommenden Schiffen entsprach. Eine Aenderung der früheren Anordnung war auch zulässig, indem jene Sicherheits-Schleuse im Banndeich aufgegeben werden durfte, insofern der neue Deich in der Zwischenzeit sich gehörig befestigt hatte. Nichts desto weniger durfte die Sicherstellung der dahinter belegenen Marschen nicht ausser Acht gelassen werden, und man versah daher diese neue Schleuse in der Mitte ihrer Kammer noch mit einem dritten Paar Fluththore, das beim Eintritt der Gefahr geschlossen werden, und einen Theil des Wasserdrucks aufnehmen sollte.

Das Wasser steigt bei ungewöhnlichen Sturmfluthen bis 8 Fuss über die mittlere Fluthhöhe bei Amsterdam, welche in den Niederlanden der Normalhorizont ist, und mit *A P* (Amsterdamer Pegel) bezeichnet wird. Dagegen ist der Wasserstand des *Y* in einzelnen Fällen bis 8 Fuss $1\frac{1}{2}$ Zoll unter *A P* herabgesunken. Der mittlere Fluthwechsel beträgt dagegen noch keinen vollen Fuss. Der Wasserstand in den umschliessenden Marschen Nordhollands wird auf $3\frac{1}{2}$ Fuss unter *A P* künstlich gesenkt. Um die Schiffahrt dauernd zu sichern, musste daher die Kammer an beiden Eingängen sowol Fluth- als Ebbethore erhalten. Indem Schiffe von 20 Fuss 9 Zoll Tiefgang die Schleuse passiren sollten, so wurden die Schlagschwellen auf 23 Fuss 3 Zoll unter *A P* gesenkt, die äussern Thore

dagegen 9¼ Fuss darüber aufgeführt. Ihre Höhe misst demnach 33 Fuss, die der Thore im Unterhaupte 27 Fuss 8 Zoll. Die lichte Weite in den Schleusenhäuptern beträgt 58 Fuss, und die ganze Länge der Kammer von Thor zu Thor 350 Fuss. Das dazwischen liegende Haupt, welches nur mit Fluththoren versehn ist, ist von den Oberthoren 143 Fuss und von den Unterthoren 207 Fuss entfernt.

Die Fluth- wie die Ebbethore in beiden äussern Häuptern sind aus Eisenblechen, aus Eckeisen und aus T-Eisen zusammengesetzt, während die Mittelthore aus creosotirtem Eichenholz bestehn. Jeder Thorflügel ist 32 Fuss 8 Zoll lang. Fig. 252 auf Taf. XXXII zeigt einen solchen, und zwar ein Oberthor. *a* ist die Ansicht vom Oberwasser aus gesehn, *b* der verticale und *c* der horizontale Querschnitt. Aus letzterm ersieht man, dass das Thor in der äussern Fläche schwach gewölbt ist, während seine innere, oder die dem Unterwasser zugekehrte Seite eine ebene Fläche bildet. Die beiderseitigen Bekleidungsbleche sind neben der Schlag- und Wendesäule 23 Zoll und in der Mitte des Thors 30½ Zoll von einander entfernt.

Die Fluththore haben mit Einschluss des Schwellrahms 13 Riegel, statt des obern Rahms sind 2 halbe Riegel angebracht, die sich von der Wendesäule bis zur Mitte des Thors erstrecken, und nicht, wie die darunter befindlichen, aus einfachen Blechen bestehn, vielmehr liegen im obern vier und im folgenden zwei solcher Bleche übereinander. Sie dienen nur zur sichern Befestigung der Drehungsachse. Die Anzahl der Riegel in den Unterthoren ist um zwei geringer.

Die Riegel, deren Abstände von einander mit Ausschluss der obern halben Riegel nahe gleich gross sind, bestehn aus Blechen, deren Stärke von unten nach oben von 5 auf 4 Linien abnimmt. Sie sind, wie Fig. *l* im vertikalen Durchschnitt zeigt, unten und oben durch Eckeisen mit den Blechverkleidungen wasserdicht zusammengeniethet, so dass zwischen je zweien derselben abgeschlossne Räume sich bilden. Die Bleche der Bekleidung, die sämmtlich aufrecht stehn, sind 3½ bis 5 Linien stark. In den Stössen der Riegelplatten berühren sie sich ohne sich zu überdecken, indem sowol oben wie unten zwischen den Eckeisen, wie Fig. *m* und *n* zeigt, noch Laschen eingelegt und mit einander verniethet sind. Die

Bleche der Bekleidung überdecken sich dagegen und beide Enden der zusammentreffenden Platten sind an die Eckeisen geniethet.

Jede Wendesäule besteht aus starken, nach der cylindrischen Fläche gekrümmten Blechen, die in den Stössen sich gleichfalls überdecken und an gebogene T-Eisen geniethet sind, doch sind die Niethe in die äussere Fläche versenkt. Auf diese Art wird die cylindrische Fläche nicht zusammenhängend dargestellt, wie Fig. *a* zeigt, sie tritt vielmehr abwechselnd um die Blechstärke zurück. Hiernach ist die Berührung mit der Wendenische bei geschlossnen Thoren unterbrochen, und deshalb musste noch nach Fig. *b* eine hölzerne Bohle angebracht werden, welche sich gegen den Rand der Wendenische lehnt. Diese Bohle greift mit einem Zapfen in diejenige ein, welche an den Schwellrahm gebolzt ist, und sich gegen die Schlagschwelle lehnt (Fig. *i* und *k*).

Die Drehungsachse des Thors ist gegen die Achse der cylindrischen Fläche sehr stark versetzt, wie man aus Fig. *f* ersieht. Das geschlossne Thor berührt aber mit den äusseren Blechen die Wendenische und überträgt auf diese den Druck. Der obere Zapfen ist mit einer 7 Fuss langen, grossentheils konisch geformten Spindel verbunden, welche durch die obern Riegel hindurch greift und unter dem fünften noch durch einen keilförmigen Splint fest angezogen wird. Fig. *g* zeigt den Zapfen mit dem obern Theil der Spindel. Der untere Zapfen ist in einen eisernen Block eingegossen, der in der Komplatte (§. 65) liegt. In die Wendesäule ist eine gusseiserne Pfanne eingesetzt, Fig. *d* und *e*, deren aufwärts gekehrten Boden den Zapfen aber nicht unmittelbar berührt, vielmehr ruht auf diesem zunächst eine starke Scheibe vonBronce, um die Reibung möglichst zu vermindern, und über dieser befindet sich noch eine Ausfütterung von sehr festem Holz als elastische Zwischenlage.

Die Schlagsäule wird gleichfalls durch die gebogenen Bekleidungsbleche gebildet, wie Fig. *o* zeigt, und es ist daran ein hölzerner Stiel gebolzt, der in Verbindung mit demjenigen des andern Thors den wasserdichten Schluss bildet*).

Es ist bereits erwähnt worden, dass in diesen Thoren die Räume zwischen den einzelnen Riegeln durch die Bekleidungsbleche

*) Die vorstehende Beschreibung ist entnommen aus der *Tijdschrift van hat koninklijk Instituut van Ingenieurs.* Jahrgang 1870—1871 pag. 159.

wasserdicht umschlossen wurden, wenn sie daher sämmtlich mit Luft gefüllt, wären, so würde das Thor aufschwimmen, dessen Eintauchung sich aus Fig. *a* ergiebt. *AP* bezeichnet nämlich die mittlere Fluthhöhe im *Y* und *BW* den Binnen-Wasserstand. Durch die untere, neben der Wendesäule befindliche kleine und verschliessbare Oeffnung kann man in diese Räume Wasser einlassen. Gewöhnlich sind nur die drei untern Räume gefüllt, in welchem Fall das Thor nur einen mässigen Druck auf den untern Zapfen ausübt. Beim Einlassen des Wassers musste aber noch für das Entweichen der Luft gesorgt werden, und hierzu dienen Röhren im Innern des Thors. Das Wasser tritt indessen trübe in das Thor ein, und es bilden sich daher darin Schlammniederschläge, die von Zeit zu Zeit beseitigt werden müssen. Daher war es noch nöthig, Druckpumpen im Innern anzubringen, um das Wasser zu entfernen. Dieses fliesst durch die neben der Schlagsäule angedeutete Oeffnung aus. Ausserdem befindet sich zu diesem Zweck in jedem Riegel ein Mannloch durch welches die Leute behufs der Reinigung bis zum Schwellrahm herabsteigen können. Die Mannlöcher werden aber nach der Reinigung durch aufgelegte passende Platten verdeckt und mittelst Schrauben luftdicht geschlossen.

Bei dem noch in der Ausführung begriffnen Canal, welcher das trocken zu legende *Y* durchneiden und in westlicher Richtung die unmittelbare Verbindung zwischen Amsterdam und der Nordsee darstellen soll, erhalten die Seeschleusen in der Nähe von Velsen gleichfalls Thore aus gewalztem Eisen. Die Hauptschleuse ist 57 Fuss 3 Zoll weit geöffnet. Bei den Thoren derselben ist die eigenthümliche Anordnung getroffen, dass die Wendesäule nicht nur seitwärts zur Darstellung des wasserdichten Verschlusses mit Holz verkleidet ist, wie bei der Schleuse Wilhelm III, sondern dass ausserdem noch eine hölzerne Säule im Rücken der Wendesäule angebracht ist, die bei geschlossnen Thoren den Druck unmittelbar auf die Wendenische überträgt *).

In den zuletzt beschriebnen Schleusenthoren ist der wasserdichte Abschluss derselben gegen die Wendenischen durch eine an jedes Thor gebolzte Bohle vermittelt. Die regelmässige Abrundung der Wendesäule nach der cylindrischen Fläche, die keinen andern

*) Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1872. Seite 383.

Zweck hat, als das Durchdringen den Wassers zu verhindern, war daher entbehrlich. Die ganze Wendesäule darf sogar bei dieser Anordnung fortfallen, und es genügt, aus dem obern und untern Rahm starke Platten mit den Zapfen vortreten zu lassen, um welche das Thor sich dreht. Alsdann muss indessen noch in andrer Weise die zweite Bedingung erfüllt werden, dass nämlich die Riegel, während die Thore geschlossen sind, sich fest gegen die Wendenische lehnen, und dadurch gegen den Druck in ihrer Längenrichtung gesichert werden, den das Wasser auf sie ausübt. Dieses geschieht am einfachsten, wenn man die Riegel rückwärts verlängert, so dass sie beim Schliessen der Thore die Wendenische berühren.

Eine Anordnung dieser Art wurde, soviel bekannt, zuerst im Jahr 1863 vom Ingenieur Malézieux bei der Schleuse von Cherenton getroffen*), welche den Canal St. Maurice, der vom Canal St. Maur abgeht, mit der Seine verbindet. Hiernächst sind verschiedene andre Schleusen in Frankreich, und zwar bis zur lichten Weite von 38 Fuss mit ähnlichen Thoren versehn. Doch hielt man es für entbehrlich, jeden einzelnen Riegel mit der Wendenische in Verbindung zu setzen, vielmehr geschah dieses in den Unterthoren der Schleuse bei Charenton nur zweimal bei zehn Riegeln. Auch bei uns hat diese Constructions-Art Eingang gefunden. Die Schleusenthore des Ihle-Canals**) sind auf den Vorschlag und unter Leitung des damaligen Wasser-Bauinspector Ludwig Hagen in solcher Weise ausgeführt. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf diese Thore.

Die lichte Weite der drei Schleusen misst 25½ Fuss. Die Niveaudifferenzen, welche zu Zeiten neben den Thoren sich bilden, sind sehr verschieden. Am grössten sind sie an den Oberthoren der Niegripper Schleuse, zur Zeit der höchsten Anschwellung der Elbe, bei den auf Taf. XLVI dargestellten Unterthoren der Ihleburger und Bergzower Schleuse misst sie im Maximum nur 8 Fuss 3 Zoll. Hiernach sind die hier angegebenen Stärken der Verbandstücke und Bleche berechnet. Es ist dabei jedoch die Einfachheit

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1865. *I pag.* 189.

**) Die Fundirung derselben Schleusen ist im ersten Theil dieses Handbuchs § 47 beschrieben.

der Construction in sofern berücksichtigt, als bei dem ganzen Thor jedesmal nur Schienen von gleichem Profil verwendet wurden. Aus demselben Grunde ist auch von der Krümmung der Riegel und Rahmen abgesehn, wodurch die Kosten der Anfertigung sich mehr gesteigert hätten, als an Material gespart wäre.

Fig. *a* zeigt das Thor vom Unterwasser aus gesehn, *b* dasselbe von der Rückseite oder die Ansicht der Wendesäule, und zwar wenn das Thor in der Thornische liegt. *c* ist ein vertikaler Durchschnitt des gegen die Schlagschwelle sich lehnenden Thors und *d* ein horizontaler Querschnitt bei gleicher Stellung.

Die Haupt-Verbandstücke des Thor sind sogenannte I oder doppelte T-Schienen, deren Profil Fig. *e* zeigt. Die ganze Breite derselben misst 12,2 Zoll, die Breite der äussern Ränder 5,2 und die Stärke derselben durchschnittlich 0,7 Zoll. Die Stärke des mittleren Steges, der 10,8 Zoll breit ist, einen halben Zoll. Aus diesen Schienen, die durch Eckeisen verbunden sind, ist ein nahe quadratischer Rahmen gebildet, der das ganze Thor umgiebt. Aus denselben Schienen bestehn auch die Riegel, die in gleicher Weise sich an die aufrecht stehenden Theile des Rahmens anschliessen, wie Fig. *g*, *h*, *k* und *o* zeigt. Diese aufrecht stehenden Schienen sind aber in der Verbindung mit den Riegeln nicht eingeschnitten, sondern setzen sich in vollen Profilen fort, wogegen von den Riegeln, so weit es nöthig, die beiderseitigen Ränder entfernt sind, um die unmittelbare Berührung der Stege zu ermöglichen (Fig. *k*). In den vier Ecken des Rahmens, sind dagegen die Schienen in der Schmiege oder unter halben rechten Winkel abgeschnitten (Fig. *g* und *k*).

Um das Versacken der Thore zu verhindern, ist eine eiserne Zugstange von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke in diagonaler Richtung durch die sämmtlichen Riegel hindurchgezogen, die so oft es nöthig sein sollte, durch Anziehn der Schrauben an ihren beiden Enden verkürzt werden kann. Diese Stange lehnt sich sowol oben wie unten gegen starke Eisenplatten.

Der obere Thorzapfen und eben so auch die Pfanne des untern Zapfens sind mit besondern Platten verbunden, welche an den obern und untern Rahm geschroben sind. Die obere Platte in ihrer Verbindung mit dem Thor ist Fig. *f* uud *g* dargestellt, Fig. *l* zeigt sie dagegen in der Ansicht von hinten. Sie besteht aus Schmiedeeisen, und wenn es auch Absicht war, ihren abwärts gekehrten

Schenkel so lang zu machen, dass derselbe durch vier Schrauben unmittelbar mit der aufrecht stehenden Schiene verbunden werden konnte, so musste doch hiervon abgesehn werden, weil das Ausschmieden dieses Stücks schon in der schliesslich gewählten und Fig. *g* gezeichneten Form grosse Schwierigkeiten bot. Die Platte ist $1\frac{1}{2}$ Zoll stark, $24\frac{1}{2}$ Zoll lang und 11 Zoll breit, so dass sie den Raum zwischen den vortretenden Rändern der obern Schiene füllt. An ihr befindet sich zunächst der 5 Zoll hohe und im cylindrischen Theile 4 Zoll starke Zapfen, sodann der schräge konische Ansatz, durch welchen die Zugstange hindurch gezogen ist, und endlich der bereits erwähnte herabreichende Schenkel. Diese ganze Zusammensetzung musste aus einem Stück geschmiedet werden, während der Zapfen abgedreht und der vortretende Theil der Platte sorgfältig nach der Schablone geformt wurde.

Die an die untere Schiene geschrobene Platte, welche die Pfanne für den untern Zapfen enthält, besteht eben so wie dieser Zapfen aus Gufseisen. Sie ist im Ganzen 20 Zoll lang, und ihre Stärke mifst 2 Zoll. Fig. *k* zeigt sie in ihrer Verbindung mit dem Thor, Fig. *n* in der Ansicht von unten und Fig. *m* von der Rückseite.

Die gufseiserne Platte, aus welcher der an sie angegossene untere Zapfen vortritt, ist achteckig pyramidal gestaltet und in ein Werkstück eingelassen.

Die an den obern, wie an den untern Rahm befestigten Platten setzen sich rückwärts so weit fort, dafs sie, sobald das Thor geschlossen wird, unmittelbar die Wendenische berühren. Auch bei den zwischenliegenden Riegeln war dieses nothwendig, weil sonst in Folge des Wasserdrucks die Schiene, welche die Stelle der Wendesäule vertritt, durchbiegen würde. Zu diesem Zweck ist an diese Schiene in der Richtung jedes Riegels noch eine gufseiserne Platte von gleicher Form, wie die obere und untere aufgeschroben, die gleichfalls beim Schliefsen des Thors sich an die Wendenische lehnt. Fig. *h* zeigt eine solche Platte mit den Verstärkungsrippen in der Verbindung mit dem Thor.

Aus Fig. *d* ergiebt sich, wie bei geschlossnem Thor der Ansatz in der Verlängerung eines Riegels unmittelbar die Wendenische berührt und sich dagegen stützt. In Fig. *f* ist dagegen ein Theil des in die Thornische zurückgeschlagenen Thors gezeichnet, und

man sieht, wie die Platte in dieser Stellung ganz frei liegt, also keine Reibung veranlafst. Diese Figur, so wie auch *n* zeigen, dafs die Platten durch keine zusammenhängenden Kreislinien begrenzt werden, dieses geschieht vielmehr durch je zwei Kreis-Linien von verschiedner Krümmung und die Drehungsachse ist so gewählt, dass die Berührung nur beim Schluss des Thors erfolgt.

Diese Berührung findet aber keineswegs, wie sonst geschieht, in der ganzen Ausdehnung einer Wendesäule statt, sondern nur in der geringen Stärke der einzelnen Platten, und es war daher zu besorgen, dass die Werkstücke, welche die Wendenische bilden, an diesen Stellen stark ausgeschliffen werden möchten, wodurch der horizontale Druck wieder auf den obern Zapfen übertragen würde. Es sind deshalb noch gusseiserne, rückwärts mit Verstärkungsrippen versehene Platten in die betreffenden Werkstücke der Wendenische eingelassen und jedesmal mit vier darin vergossenen Schraubenbolzen befestigt, wie in den Figuren *h* und *i* ersichtlich.

Auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite sind die Thore mit Blech verkleidet. Die Riegel sind so vertheilt, dass für diese Bleche die Stärke von 4 Linien genügte. Die Bleche sind an sämmtliche Ränder der Schienen wasserdicht angeniethet, und zwischen den Riegeln in den Stössen in gleicher Weise unter sich verbunden. Um den Hauptverbandstücken des Thors eine noch innigere Verbindung zu geben, sind ausserdem auch auf der Seite des Unterwassers sowol an der Wendesäule, wie an der Schlagsäule zwei 1 Fuss breite Blechstreifen von derselben Stärke an die Ränder der vertikalen und horizontalen Riegel geniethet, und an den frei liegenden Seiten durch schwache Eckeisen verstärkt, wie Fig. *a*, *d*, *f* und *p* zeigen.

Durch die bisher beschriebenen Eisen-Verbindungen ist der erforderliche wasserdichte Schluss noch keineswegs dargestellt, vielmehr bleiben bei geschlossnen Thoren an beiden Seiten, wie auch unten weit geöffnete Fugen. Um diese zu schliessen ist zunächst in der Nähe der Drehungs-Achse eine 7 Zoll breite und 3 Zoll starke eichene Bohle an die Ränder der aufrecht stehenden Schiene geschroben, die beim Schliessen des Thors sich gegen den vortretenden Theil der Wendenische lehnt (Fig. *f*). An der entgegengesetzten Seite bildet eine starke Säule aus Eichenholz die

eigentliche Schlagsäule (Fig. *p*) und endlich ist noch eine eichene Bohle gegen die untere Schiene gebolzt, die sich an die Schlagschwelle lehnt, wie in Fig. *c*, auch in *o* und *p* zu sehn.

Die Anordnung der Laufbrücke, die auf zwei Eisenstäben ruht, ergiebt sich aus der Figur. Von dem Halsbande, das den obern Zapfen hält, wie auch von den hier angebrachten Schützen und der Vorrichtung zum Ziehn derselben wird im folgenden die Rede sein.

Die früher beschriebenen grössern eisernen Schleusenthore werden zum Theil vom Wasser getragen, indem sie abgeschlossne Kasten bilden, welche man ganz auspumpen, oder beliebig mit Wasser füllen kann, um ihnen das nöthige Gewicht zu geben. Sie bilden sonach den Uebergang zu einer andern Art des Verschlusses grosser Oeffnungen, nämlich zu den sogenannten Ponton-Thoren. Indem diese aber sehr mühsam zu handhaben sind, so kommen sie bei eigentlichen Schiffsschleusen nicht vor, vielmehr nur bei Trockendocks, die zur Reparatur und zum Neubau von Seeschiffen dienen. Ihre Beschreibung wird daher passender bei Behandlung der Seehäfen gegeben. Hier mag nur erwähnt werden, dass sie beim Ein- und Ausbringen vor die Mündungen der Bassins frei, wie Schiffe, schwimmen, und man sie durch Einlassen von Wasser versenkt, sobald sie den Verschluss darstellen sollen. Bei dem von Brunel erbauten Dock in Bristol dreht sich indessen ein solches Ponton, wie ein Schleusenthor, welches die ganze Oeffnung umfasst, um eine lothrechte eiserne Achse. Fig. 315 auf Taf. XLV zeigt dasselbe, *a* in der Ansicht von oben, *b* in der dem Oberwasser zugekehrten Seite und *c* im vertikalen Durchschnitt durch seine Mittellinie. Die durch dasselbe geschlossne Oeffnung ist 52 Fuss weit und 28 Fuss hoch.

Dieses Ponton besteht ganz aus Eisen, es ist wie ein eisernes Schiff zusammengesetzt und bildet im obern Theil einen horizontalen Bogen, so dass es wie ein Gewölbe den Wasserdruck auf die Mauern des Docks überträgt. Durch seine ganze Länge sind zwei horizontale Mittel-Böden, gleichfalls aus Blech bestehend, gezogen. Sie theilen das Thor seiner Höhe nach in drei abgeschlossne Räume. Der untere steht durch einige Seiten-Oeffnungen fortwährend mit dem Vor-Hafen in Verbindung. Sobald in letzterm die Fluth bis zur Höhe des untern Bodens steigt, so füllt sich der unter Raum ganz mit Wasser, wodurch die Stabilität des Ponton-

Thors vergrössert wird. Der mittlere Raum ist stets frei von Wasser. Durch denselben führen zwei Blechröhren von quadratischem Querschnitt hindurch, die an den Seiten durch Schütze wasserdicht geschlossen werden können. Durch dieselben wird das Trocken-Dock unter Wasser gesetzt. Der obere Raum endlich wird soweit mit Wasser angefüllt, dass das Thor, wenn es keinen Seitendruck erfährt, nur mit einem geringen Gewicht die unter ihm befindlichen Rollen belastet. Soll es dagegen die Mündung des Docks schliessen und selbst bei hohen Fluthen nicht aufschwimmen, so lässt man auch den obern Raum voll Wasser laufen.

Die Drehung erfolgt, wie bereits erwähnt, um eine an der Seite befindliche eiserne Achse, welche sowohl oben wie unten durch das Thor greift. Letzteres ruht auf zwei grossen Rädern, die auf kreisförmigen Bahnen laufen. Beim Oeffnen tritt das Thor in eine seitwärts befindliche Nische. Wenn es geschlossen wird, lehnt es sich mit dem Kiel gegen eine Schwelle und mit beiden Steven gegen vertikale Vorsprünge der Mauer. Der wasserdichte Schluss wird durch aufgebolzte Mahagony-Planken dargestellt.

Ob dieses Thor im Gebrauch sich besonders bequem erwiesen hat, ist nicht bekannt, doch hat es keine weitere Nachahmung gefunden, vielmehr hat man auch später die Ponton-Thore stets so eingerichtet, dass sie sich nicht um feste Achsen drehn, sondern frei schwimmen.

§. 69.

Befestigung der Schleusenthore.

Die Achsen, um welche die Schleusenthore sich drehn, werden gebildet durch zwei lothrecht über einander stehende cylindrische Zapfen, von denen einer über, der andre unter der Wendesäule sich befindet. Der obere wird von einem Halsbande umfasst, während der untere in einer Pfanne ruht. Der letztere trägt das Thor, während der erstere nur die Stellung desselben sichert und zuweilen auch dem Horizontaldruck, den das Wasser auf das Thor ausübt, Widerstand leisten muss. Solchem Druck ist der untere Zapfen nicht ausgesetzt, da der untere Rahm des Thors sich un-

mittelbar gegen die Schlagschwelle lehnt, und hierdurch das Gleichgewicht schon vollständig dargestellt wird. Wie sehr es nöthig ist, auch den obern Zapfen von diesem Druck zu entlasten, oder dafür zu sorgen, dass die Wendesäule bei geschlossnem Thore in ganzer Länge, oder wenigstens an den Stellen, wo die Riegel in sie eingreifen, sich gegen die Wendenische lehnt, ist bereits nachgewiesen, hier soll nur von den Zapfen, Halsbändern und Pfannen die Rede sein.

Was den untern Zapfen betrifft, so pflegte man denselben in früherer Zeit eben so wie den obern in die Wendesäule einzusetzen und ihn aus dieser abwärts gekehrt heraustreten zu lassen. Er wurde alsdann in die Pfanne gestellt, die, wie bereits erwähnt, in ein Werkstück des Thorkammerbodens oder in ein hölzernes Verbandstück eingelassen war. Von dieser Anordnung ging man indessen im Anfange dieses Jahrhunderts sowol in England, wie in Frankreich (bei den Schleusen des Rochdale-Canals und des Canals von St. Quintin) ab, indem man bemerkte, dass die mit der Oeffnung nach oben gekehrten Pfannen leicht den vorbeitreibenden Sand aufnahmen, und alsdann nicht nur die Reibung sehr verstärkt, sondern auch der Zapfen in nachtheiliger Weise angegriffen wurde. Es muss erwähnt werden, dass Minard diese Erfahrung in Abrede stellt, und beim Ausheben der Thore niemals in solchen Pfannen Sand gefunden haben will, auch werden bis zur neusten Zeit sowohl in Frankreich, wie in den Niederlanden grössere und kleinere Schleusenthore nicht selten noch in jener früheren Art aufgestellt.

Nichts desto weniger fand die neuere Methode doch vielfach, und namentlich in England und Deutschland allgemein Eingang. Nach derselben wird die Pfanne in verkehrter Richtung, also in der Art, dass die Oeffnung abwärts liegt, in den Fuss der Wendesäule eingelassen, während der darin eingreifende Zapfen aufwärts gerichtet aus dem Schleusenboden vortritt. Es ist nicht zu leugnen, dass in diesem Fall das Eintreten des Sandes in die Pfanne nicht mehr zu besorgen ist.

Was das Material der Pfanne wie des untern Zapfen betrifft, so hat man sich mehrfach bemüht, dieses so zu wählen, dass die Reibung zwischen beiden möglichst geringe wird. Eytelwein empfiehlt in dieser Beziehung die Pfanne aus Glockenmetall und den

Zapfen aus Eisen darzustellen. Die zwischen beiden eintretende Reibung wird freilich durch das ganze Gewicht des Thors veranlasst, soweit dasselbe nicht durch das verdrängte Wasser sich vermindert, nichts desto weniger bleibt diese Reibung bei der geringen Stärke des Zapfens wohl immer sehr geringe, da überdiess die Berührungsflächen sich bald spiegelglatt abschleifen, während das Wasser jederzeit als Schmiere hinzutritt. Sonach erscheint die Anwendung von Glockenmetall nicht besonders dringend. Die Reibung verstärkt sich aber wesentlich, sobald die Pfanne oder der Zapfen sich schräge stellt, wodurch ein starkes Klemmen zwischen beiden eintritt, auch leicht die Befestigung sich löst und wesentliche Beschädigungen zu besorgen sind.

Dabei muss noch bemerkt werden, dass man andrerseits auch die Bedingung aufgestellt hat, die Pfanne, wie der Zapfen müssten aus demselben Material bestehn, weil sonst eine electrische Strömung sich bildet, welche starke Oxydation veranlasst. Die Erfahrung scheint solche Besorgniss nicht gerade zu bestätigen, und es werden in neuerer Zeit ziemlich allgemein gusseisere Pfannen und schmiedeeiserne oder stählerne Zapfen angewendet.

Besonders wichtig ist es, die Pfanne und den Zapfen so sicher zu befestigen, dass sie ihre Lage nicht ändern können. Man darf sich daher nicht damit begnügen, die Pfanne nur in das Hirnholz der Wendesäule einzulassen, weil sie alsdann leicht ungleichmässig eindringt, oder sich dreht, selbst wenn sie äusserlich sechseckig geformt, oder mit wenig vortretenden Rippen versehn ist. Sie nimmt alsdann leicht eine schräge Stellung ein, und bei der starken Reibung die sie nunmehr erfährt, ist das Drehn und Ausbohren des Holzes nicht zu vermeiden, Viel zweckmässiger ist es, sie in einen vollständigen Schuh mit aufwärts gekehrten Rändern zu verwandeln, worin die Wendesäule steht. In diesem Fall ist der Druck über die ganze Stirnfläche der Säule gleichmässig vertheilt, und ein ungleiches Eindringen, wodurch die Pfanne oder der Zapfen eine schiefe Stellung annehmen würde, nicht mehr möglich. Ferner presst der obere Rand des Schuhes die Holzfasern zusammen und verhindert das Aufspalten der Säule, und endlich kann man mittelst dieses Randes, wenn derselbe hoch genug ist, oder einzelne Theile von ihm sich um einige Zolle verlängern, auch mittelst Nägeln oder Schraubenbolzen den Schuh sicher an

die Säule befestigen. Ein solcher Schuh darf aber nicht seitwärts vor die Wendesäule vortreten, sein Rand muss vielmehr sorgfältig in die Säule eingelassen sein, so dass er sich der cylindrischen Fläche derselben genau anschliesst.

Bei dieser Construction ist es gleichgültig, ob der Schuh mit der Pfanne, oder mit dem Zapfen verbunden ist. Eine Verbindung mit dem Zapfen zeigt Fig. 316 auf Taf. XLV, wie solche bei Niederländischen Schleusen üblich ist. Der Zapfen hat mit der Säule und dem Schuh gleichen Durchmesser, besteht eben so wie die Pfanne aus Glockenmetall, ist abgedreht und im Innern mit drei Rippen versehn, die in sorgfältig ausgearbeitete Rinnen im Fusse der Wendesäule eingeschoben werden. Er erhält keine weitere Befestigung. In Fig. 316 *a* sieht man auch die Pfanne, die im Innern ausgedreht und dem Zapfen so angepasst ist, dass sie keinen Spielraum zur Seite hat. Im Aeussern ist sie sechseckig geformt (Fig. 316 *c*). Sie muss sehr sorgfältig versetzt werden, damit sie sich nicht dreht. Diese Gefahr ist immer um so grösser, je mehr Seiten das Polygon hat, welches sie im Grundrisse bildet. Es darf aber nicht übersehn werden, dass ein starkes Klemmen des Zapfens gegen die Pfanne vorzugsweise zu besorgen ist, wenn Letzterer tief in die Erstere eindringt. Bei der Schleuse in Cherbourg dringt der Zapfen etwa auf zwei Drittheile seines Durchmessers in die Pfanne ein, wodurch die erwähnte Gefahr viel grösser wird, man hat daher den lichten Durchmesser der Pfanne ungefähr 1 Linie grösser, als den des Zapfens gemacht.

Fig. 317 zeigt einen Schuh, der mit der Pfanne verbunden ist. Derselbe besteht aus Gusseisen und stimmt mit den in manchen Französischen Häfen üblichen überein. Er umfasst nicht nur den cylindrischen, sondern auch den rechtwinkligen Theil der Wendesäule. Ueber der Pfanne, die nach einer Halbkugel ausgedreht ist, befindet sich eine Verstärkung der Bodenplatte, die sich als niedriger Cylinder in das Innere des Schuhes fortsetzt. Für letztern muss gleichfalls die entsprechende Oeffnung genau schliessend im Fuss der Wendesäule ausgearbeitet sein, damit der Druck auf alle Theile möglichst gleichmässig vertheilt wird. An zwei gegenüberstehenden Stellen tritt der den Schuh umgebende Rand höher herauf und ist daselbst mit Löchern versehn, durch welche Schraubenbolzen gezogen werden, die den Schuh mit der Säule verbinden.

(Fig. 317. *b*). An derjenigen Seite, welche sich an die Schlagschwelle lehnt, mufs dieser Bolzen mit versenktem Kopfe versehn sein. Der Zapfen ist an die Bodenplatte angegossen und gleichfalls kugelförmig, jedoch nach einem etwas kleinern Krümmungs-Halbmesser abgedreht, wodurch einiger Spielraum entsteht.

Bei den grofsen Englischen Schleusen für Seeschiffe findet ungefähr dieselbe Anordnung statt, doch greift der gufseiserne Schuh bei hölzernen Thoren zuweilen nicht nur unter die Wendesäule, sondern auch unter den untern Rahm, wie Fig. 309 *a* und *b* auf Taf. XLIV zeigt. Bei gufseisernen Thoren findet der Schuh eine sehr sichre Befestigung in der Höhlung der Wendesäule. Die von Telford am Caledonischen Canal gewählte Anordnung, die Fig. 308 *b* im Durchschnitt zeigt, ist auch in später ausgeführten Schleusenthoren beibehalten. Die Säule ergänzt sich nämlich unter dem untersten Riegel zum vollen Cylinder, und in diesen ist die Pfanne eingeschoben. Damit dieselbe aber nicht zu weit eindringe, setzt sich in der Höhe des Bodens, der die Hälfte der cylindrischen Oeffnung schliefst, ein vortretender Rand im übrigen Theile der Höhlung fort, und gegen beide lehnt sich die Pfanne. Das Drehn der letztern ist dadurch vermieden, dafs übereinstimmende Nuthen angebracht sind, in welche man Schlufskeile treibt.

Die gufseisernen Zapfen an den Schleusen des Caledonischen Canals, etwa 8 Zoll stark und 10 Zoll hoch, sind an schwere Bodenplatten angegossen und cylindrisch abgedreht, ihre obern Theile bilden Halbkugeln. Die erwähnten Platten sind $4\frac{1}{4}$ Fufs lang, $1\frac{1}{4}$ Fufs breit und 3 Zoll stark. Sie sind mit vier Schraubenbolzen, die vorher in die Steine versetzt und mit Blei vergossen waren, befestigt. Bei der Schleuse zu Montrose, von der bereits oben die Rede war, greifen Zapfen von 10 Zoll Durchmesser in die gleichfalls in die Wendesäule eingeschobnen Pfannen. Auch diese Zapfen sind an Bodenplatten angegossen, die neben den Zapfen etwas verstärkt, sonst aber nur 2 Zoll dick sind. Ihre Länge mifst $4\frac{1}{2}$ und ihre Breite $1\frac{1}{4}$ Fufs. Nachdem die Lager für sie vorbereitet und die Schraubenbolzen in die Bodensteine befestigt waren, breitete man eine starke Filzdecke darüber, um ein ungleichmäfsiges Aufliegen der Platte und sonach ein Brechen derselben zu verhindern. Die Platte wurde hierauf eingesetzt, und nachdem die Schraubenmuttern so weit angezogen waren, dafs sie

eine starke Compression des Filzes bereits bewirkten, wurde die Platte, indem die Bolzenlöcher reichlichen Spielraum liefsen, durch Keile genau eingerichtet. Dann erst wurden die Schrauben fest angezogen, und die Fuge rings um die Platte mit Blei vergossen.

Bei diesem Vergiefsen mit Blei sowol der Bodenplatte selbst, als auch der zu ihrer Befestigung dienenden Bolzen mufs noch an eine Schwierigkeit erinnert werden, die oft sehr störend ist. Wenn nämlich die Steine nafs sind, wie dieses gewöhnlich im Schleusenboden der Fall ist, so wird das geschmolzne Blei durch den Wasserdampf, der sich beim Eingiefsen desselben entwickelt, zum Theil herausgespritzt, und dadurch sowol die vollständige Anfüllung der Fuge verhindert, als auch der damit beschäftigte Arbeiter leicht beschädigt. Der Uebelstand läfst sich vermeiden, wenn man die Steine mit Oel befeuchtet, wodurch das plötzliche Verdampfen des Wassers verhindert wird.

In den kleinern Englischen Canalschleusen pflegt man nur gufseiserne Platten, in denen eine mäfsige Höhlung zur Aufnahme des Zapfens sich befindet, gegen die Wendesäule zu nageln, wie Figur 312 *a* angedeutet ist. Indem der Zapfen nur wenig eingreift, verschwindet auch jede Besorgnifs, dafs die Platte sich von der Wendesäule lösen möchte, auch genügt in diesem Fall das Annageln gegen das Hirnholz.

Die beiden in Fig. 316 und 317 dargestellten Formen der Zapfen unterscheiden sich noch darin von einander, dafs die berührenden Kugelflächen im ersten Fall die convexen Seiten gegen einander kehren, im zweiten dagegen die convexe Seite der kleinern Kugel in der concaven der gröfsern ruht, der Umstand, ob die Pfanne auf dem Zapfen liegt, oder umgekehrt, ist in dieser Beziehung gleichgültig. Die letzte Anordnung, wonach die Höhlung der Pfanne eine Kugelfläche bildet, und nicht mit cylindrischen Seitenwänden versehn ist, gewährt zwar den Vortheil, dafs das Einsetzen des Thors wegen des Spielraums zur Seite erleichtert wird, aber man darf annehmen, dafs das Thor sich nicht so scharf einstellt, wie bei einer cylindrischen Oeffnung, die den Zapfen genau umschliefst. In Frankreich ändert man zuweilen, und zwar bei gröfsern Schleusen, die in Fig. 316 dargestellte Form noch insofern ab, dafs man die Seitenwände des Zapfens und die der Pfanne, schwach konisch abdreht. Dadurch wird allerdings das

Einsetzen erleichtert, aber man muſs bei dieser Einrichtung so viel Spielraum zwischen der Pfanne und dem Zapfen lassen, daſs die beiden kugelförmigen Endflächen sich früher als die der kegelförmigen Seitenflächen berühren, weil diese, wenn sie sich mit dem Druck des ganzen Thors scharf in einander schieben sollten, so stark gegen einander reiben würden, daſs die Drehung sehr erschwert würde. Es muſs noch darauf aufmerksam gemacht werden, daſs das Einsetzen eines cylindrischen Zapfens in eine genau schlieſsende, gleichfalls cylindrisch ausgedrehte Pfanne nur möglich ist, wenn derselbe schon vorher in solche Richtung gebracht ist, daſs die Achsen beider zusammenfallen.

Beim Ausheben und Einhängen der Schleusenthore kommt es wegen der geringen Tiefe der Pfanne auf eine ganz genaue Beachtung dieser Regel nicht an, aber ein starkes Ueberneigen des Thors muſs dabei doch vermieden werden, und man muſs daher, wenn der cylindrische Zapfen gewählt wird, die obere Befestigung des Thors so anordnen, daſs dasselbe senkrecht gehoben werden kann. Wenn dieses geschieht, so dürfte die cylindrische Form für den Zapfen, und zwar mit genau schlieſsender Pfanne, die zweckmäſsigste Wahl sein.

Dabei entsteht noch die Frage, ob die Berührung in Kugelflächen wirklich von Nutzen ist. Die Zapfen-Reibung ist allerdings, wie bekannt, in hohem Maaſse von der Ausdehnung der Berührungsfläche abhängig, und man vermindert sie durch Verkleinerung der letztern. Man darf indessen nicht glauben, bei Benutzung der Kugelflächen die Berührung auf einen einzelnen Punkt beschränken, und dadurch die Reibung ganz aufheben zu können. Schon die Schärfe der Bearbeitung hat ihre Grenze, und macht es unmöglich, diese Absicht vollständig zu erreichen. Aufserdem aber ist die Festigkeit gegen das Zerdrücken oder die rückwirkende Festigkeit bei keinem Körper unendlich groſs. Ein mathematischer Punkt kann also als Scheitel der Kugelfläche nicht das Schleusenthor tragen. Die beiden Kugelflächen drücken sich demnach gegenseitig so weit ein, bis eine Berührungsfläche entsteht, die hinreichend groſs ist, um dem Druck den nöthigen Widerstand zu leisten. Dasselbe wird auch erreicht, wenn man die Kugelfläche gleich bei der Bearbeitung durch eine Ebne, eine senkrecht gegen die Achse gerichtet ist, abschneidet. Man darf freilich nicht den Durch-

messer des ganzen Zapfens auf den der Berührungsfläche beschränken, weil derselbe in diesem Fall nicht die nöthige Steifigkeit behalten würde, aber eine flachkegelförmige Fläche, die leichter als eine Kugelfläche darzustellen ist, könnte ohne Nachtheil die horizontale Berührungsfläche mit der cylindrischen Seitenfläche des Zapfens verbinden.

In einzelnen Fällen hat man die Vorsicht zur Darstellung möglichst kleiner Berührungsflächen noch weiter getrieben. So hat man feine Stahldrähte in die ausgebohrten Achsen der Zapfen und Pfannen eingesetzt, welche das ganze Gewicht der Thore tragen sollten. Auch in einer grofsen Dockschleuse in England hat man eine kleine Kugel, von etwa 3 Zoll Durchmesser in die Oberfläche des Zapfens zum Theil versenkt, damit die Pfanne in der Berührung derselben möglichst geringe Reibung erfährt. Es leidet wohl keinen Zweifel, dafs durch dergleichen Künsteleien nur die Abnutzung der Pfannen und Zapfen befördert wird, sie also mehr schaden, als nützen.

Vor dem Einsetzen der Thore pflegt man die Pfannen mit Schmiere zu versehn, indem man sie mit Seife stark ausstreicht. Auffallend ist die von Minard angeführte Thatsache, dafs diese Seife in gut schliefsenden Pfannen sich sehr lange Zeit hindurch erhält, so dafs man bei der Reparatur alter Thore, wenn dieselben ausgehoben werden, oft noch die beim Einsetzen eingestrichene Seife vorfindet. Ja, Minard erwähnt, dafs in zwei Fällen, wo man die Pfannen recht reichlich mit Seife angefüllt hatte, die Thore wieder ausgehoben werden mufsten, um die Pfannen zu leeren. Die Thore sanken nämlich nicht so tief herab, dafs die Halsbänder daran befestigt werden konnten.

Was das Halsband oder die Befestigung des Thors am obern Theil der Wendesäule betrifft, so mufs dasselbe so angebracht werden, dafs es die Drehung des Thors von der Thornische bis an die Schlagschwelle gestattet. Demnächst mufs es auch hinreichend stark und zugleich fest genug verankert sein, um den horizontalen Pressungen und Stöfsen Widerstand leisten zu können. Wenn der Schwerpunkt des Thors entweder durch eine Rolle oder ein Gegengewicht am Drehbaum, oder auf andre Art vollständig unterstützt wäre, so würde das Halsband wenig in Anspruch genommen, und würde vorzugsweise nur bei der Drehung des Thors als Stütze

dienen. Es erleidet jedoch gemeinhin von dem Thor, sobald der Stau vor demselben aufhört, einen starken Seitendruck, und zwar eben sowohl wenn das Thor in der Nähe der Schlagschwelle, als wenn es in der Thornische steht. Es genügt also nicht, das Halsband nur in einer Richtung zu verankern, vielmehr muſs die Verankerung so angebracht sein, daſs sie bei jeder Stellung des Thors wirksam ist.

Der horizontale Druck, den das Thor gegen das Halsband ausübt, ist in jedem speciellen Fall leicht zu berechnen, indem man das ganze Thor als einen Hebel betrachtet, dessen Drehungs-Achse in der Pfanne liegt, worin der untere Zapfen eingreift. Bei groſsen und schweren Thoren ist dieser Druck sehr bedeutend. Ein eben so groſser horizontaler Druck trifft auch die Pfanne und den untern Zapfen in entgegengesetzter Richtung. Hier läſst sich aber die nöthige Befestigung sehr leicht in dem Schleusenboden darstellen, woher die Schwierigkeit verschwindet, die bei dem obern Halsbande zuweilen sehr bedeutend wird, und eine sorgfältige Ueberlegung in der Anordnung der Anker erfordert.

Auf welche Weise indessen das Halsband auch angebracht und verankert sein mag, so ist ein geringes Verziehn desselben nie ganz zu vermeiden. Schon die Splinte und Anker geben, sobald der starke horizontale Druck eintritt, etwas nach, während die Elasticität des Halsbandes eine geringe Formveränderung und ein Ausdehnen des Eisens gestattet. Wenn aber vollends der Zapfen in dem Halsbande sich ausschleift, was doch nicht zu vermeiden ist, so wird das Thor noch mehr überweichen. Hiernach ist es sehr wünschenswerth, das Halsband so einzurichten, daſs es nach Bedürfniſs später schärfer angezogen werden kann. Man hat in der That diesen Zweck durch verschiedene Anordnungen zu erreichen gesucht.

Es ist bereits § 66 ausführlich nachgewiesen, daſs der aus dem Druck des Oberwassers entspringende Druck in der Längenrichtung des Thors nicht auf den obern Zapfen übertragen werden darf, derselbe vielmehr dadurch aufgehoben werden muſs, daſs die ganze Wendesäule, oder wenigstens die Riegel bei geschloſsenem Thor sich fest gegen die Wendenische lehnen. Wenn dieses geschieht, so bedarf es keiner weitern Unterstützung des obern Zapfens gegen diesen Druck.

Das Halsband muss ferner so eingerichtet sein, dafs es bei vorkommenden Reparaturen das Ausheben des Thors gestattet, ohne deshalb jedesmal die in der Mauer oder den Holzwänden befestigte Verankerung lösen zu dürfen. Dabei gereicht es aber noch zu grofser Bequemlichkeit und Schonung der Zapfen und Pfannen, so wie auch der Wendenischen, wenn die Thore senkrecht aus den Pfannen gehoben und eben so in dieselben wieder eingestellt werden können. In England und in den Niederlanden wird diese Bedingung als mafsgebend betrachtet, während man bei uns fast jedesmal davon absieht, und dadurch gezwungen wird, das Thor beim Ein- und Aushängen stark überzuneigen, bevor es in die Pfanne eingestellt, oder daraus gehoben werden kann. Wenn dagegen das Halsband so weit ist, wie der Cylinder, welcher der Krümmung der ganzen Wendesäule entspricht, wird das Thor, während es noch vollständig in der Schleuse befestigt ist, an die Winden gehängt, und nachdem letztere angezogen sind, so dafs sie das Thor tragen, löst man das Halsband, und hebt darauf das Thor aus.

Der Grund, weshalb man so häufig eiserne Zapfen von mäfsiger Stärke anwendet, beruht in der Absicht, die Reibung möglichst zu vermindern. Diese Reibung ist aber auch bei den stärkern Achsen, wenn das Halsband gut schliefsend angelegt und gehörig geschmiert wird, keineswegs erheblich. Die Umstände, welche vorzugsweise die Bewegung des Thors erschweren, sind, abgesehn von dem Druck und dem Widerstande, den das Wasser ausübt, in einer ungenauen Aufstellung der Thore und oft in der Anhäufung des Schlammes in der Thorkammer zu suchen.

Bei uns ist es üblich, in die Köpfe der Wendesäulen Blattzapfen einzusetzen. Der vortretende cylindrische Theil ist etwa 6 Zoll lang und 2 Zoll stark, und das Blatt, welches die ganze Stärke der Wendesäule zur Breite hat, greift so tief herab, dafs es sich bis unter den Bügel fortsetzt, der die Wendesäule mit dem obern Rahm verbindet. Das Blatt bildet nach jeder Seite einen Keil, der in der Mitte, wenigstens oben, so stark wie der Zapfen, an den Seiten dagegen nur etwa einen halben Zoll dick ist. Auch den mittlern Theil pflegt man nach unten etwas schwächer werden zu lassen. Um den Blattzapfen einsetzen zu können, versieht man den Kopf der Wendesäule mit einem Einschnitt, der in den Figuren 302 *a* und *b* auf Taf. XLII bemerklich ist, und der so genau, wie

dieses geschehn kann, nach der Form des Blattes ausgearbeitet wird. Durch eingetriebene sehr dünne Keile bemüht man sich gemeinhin einen scharfen und vollständigen Schluſs darzustellen. Die am obern Ende der Wendesäule eingeschnittene Nuthe, worin der Bügel liegt, der die Verbindung mit dem obern Rahm darstellt, wird auch in das Blatt des eisernen Zapfens eingefeilt, und dieses tritt auf jeder Seite des Bügels bis zur Oberfläche der Wendesäule vor. Der Bügel verhindert also ein Ausheben des Blattes. Da er selbst aber nicht scharf angezogen wird, so kann er auch geringe Bewegungen von diesem nicht hindern. Die gröſste Sicherheit in der Befestigung gewährt der von oben auf den Kopf der Wendesäule scharf aufgetriebene Ring. Das Blatt ist zur Aufnahme desselben an den Seiten wieder eingefeilt, so daſs es sich auch hier der Form des Holzes genau anschlieſst. Auf dem Zapfen pflegt man noch einen Ansatz mit einem Schraubengewinde anzubringen, worauf ein Schirm aus Blech befestigt wird, derselbe bildet ein Dach über der Wendesäule und schützt das Hirnholz gegen den Regen.

In manchen Fällen, wie z. B. in der Schleuse bei Neufähr an der Mündung des nach Danzig führenden alten Weichselarmes, hat man den eisernen Zapfen nicht allein durch das Blatt, womit er in die Wendesäule greift, sondern ausserdem noch durch eine starke eiserne Schiene, die ihn über dem Halsbande mit einem scharf schlieſsenden Auge umfaſst, mit dem Schleusenthor verbunden. Diese Schiene liegt auf dem obern Rahm des Thors, und ist mittelst zweier Schraubenbolzen daran befestigt.

Das Halsband ist gemeinhin unmittelbar mit den Ankern verbunden, wie Fig. 318*a* auf Taf. XLV zeigt. Das Ausschmieden eines so groſsen Stücks namentlich in dieser zusammengesetzten Form erfordert, wenn es keine schwache Stellen enthalten soll, geübte Arbeiter, auch müssen die Schraubenbolzen, welche zur Befestigung des Deckels dienen, sicher eingesetzt sein. Fig. 318*b* zeigt den durch Schrauben befestigten Deckel des Halsbandes von der innern Seite. Das Halsband selbst ist 2 bis 2½ Zoll hoch. Die Anker haben Querschnitte von 2 bis 3 Quadratzoll. Jedes derselben wird durch zwei senkrechte Splinte gehalten, und wo dieselben eingesetzt sind, ist der Anker in angemeſsner Weise verstärkt. Die Länge der Anker beträgt gemeinhin gegen 10 Fuſs, und sie sind

in solcher Richtung angebracht, dafs sie möglichst das Thor in seinen verschiedenen Stellungen unterstützen, ohne sich jedoch zu sehr der äufsern Seitenfläche der Mauer zu nähern. Um die Splinte möglichst zu befestigen, pflegt man dieselben nicht nur abwärts zu führen, sondern sie auch aufwärts vortreten zu lassen, und sie hier zu übermauern. Indem aber bei dieser Anordnung der Halsbänder die Anker schon höher als die Thore liegen, so tritt die Uebermaurung derselben bedeutend über diejenige Höhe hinaus, welche die Mauern der Häupter in sonstiger Beziehung haben müssen. Um daher die Mauermasse nicht zu sehr zu vergröfsern, beschränkt man die Ueberhöhung derselben auf diejenigen Stellen, wo die Splinte liegen. Es bilden sich daher hier etwa 2 Fufs hohe massive Aufsätze, die man, um die Passage nicht zu unterbrechen, mit Stufen versieht. Man nennt sie Postamente.

In einzelnen Fällen hat man, während der Zapfen in der eben beschriebenen Weise ausgeführt war, das Halsband, welches denselben vollständig umschliefst, so angeordnet, dass es mit Schrauben schärfer angezogen werden kann. Es genügt hierüber im Allgemeinen zu erwähnen, dafs entweder die Anker in Schraubenspindeln auslaufen, welche zur Seite durch das in einer ausgebohrten Scheibe bestehende Halsband hindurchgreifen, oder dass die Anker mit einer ähnlichen Scheibe fest verbunden sind, auf der letztern aber eine zweite Scheibe liegt, welche das eigentliche Halsband bildet, und durch verschiedene, gewöhnlich durch drei Schrauben etwas verstellt werden kann.

Wenn das Thor mit einem Drehbaum versehn ist, so kann man den Zapfen nicht am Kopf der Wendesäule anbringen, auch in andern Fällen mag man gern die Anker unter die Oberfläche der Mauer legen, um eine gröfsere Sicherheit in der Befestigung des Halsbandes zu erreichen. Alsdann stellt man den metallnen Zapfen in gleiche Höhe mit dem obern Rahm, oder auch wohl noch tiefer. Dieses war bei den ältern Schleusen an der Ruhr vielfach geschehn, und dieselbe Einrichtung findet sich auch bei manchen französischen Schleusen vor.

Fig. 319*a* und *b* zeigt diese Einrichtung. In der Höhe der Mittellinie des obern Rahms ist ein horizontaler Einschnitt von der Stärke des Halsbandes in die Wendesäule gemacht, der sich noch einige Zolle über die Achse fortsetzt. Der Zapfen, etwa 9 Zoll

lang, ist in zwei Einschnitte vom Rücken der Wendesäule aus in dieselbe hineingeschoben. Um ihn zu halten, sind jene Einschnitte durch passend bearbeitete Holzstücke ausgefüllt, und damit das obere derselben nicht etwa herabsinkt und alsdann gegen die Arme des Halsbandes stöfst, oder das untere sich zufällig hebt, sind beide seitwärts mit Backen versehn, die in entsprechende Nuthen in die Wendesäule eingreifen. Zur Befestigung dieser Holzstücke dienen zwei Bügel, die in gewöhnlicher Weise um die Wendesäule greifen, und mittelst Schraubenbolzen an dem obern Rahm befestigt sind. Die punktirten Linien in Fig. *a* deuten den Zapfen und die beiden erwähnten Holzstücke an, die Querschnitte der letztern mit den Backen sind in *b* durch die punktirten Linien bezeichnet. Das Halsband besteht in diesem Fall nur in einem starken eisernen Ringe, der mit zwei Ankern verbunden ist. Will man das Thor ausheben, so löst man die Bolzen, welche die Bügel halten, und wenn man das Thor alsdann auf die Schlagsäule überkanten lässt, so zieht das Halsband die Achse, die beiden Klötze und die beiden Bügel heraus.

Dafs der Zapfen bei dieser Einrichtung nicht besonders fest und genau eingesetzt werden kann, bedarf kaum der Erwähnung, und dazu kommt noch, dafs die Wendesäule an dieser Stelle tief eingeschnitten, also sehr geschwächt wird.

Endlich mag noch eine andre eigenthümliche Stellung der eisernen Zapfen erwähnt werden, die bei der Schleuse im Canal St. Maur in der Nähe von Paris gewählt ist. Die Wendesäulen haben daselbst ähnliche horizontale Einschnitte bis über die Achse hinaus, doch sind sie bedeutend breiter, als eben angegeben ist. In diese Einschnitte greifen abwärts gekehrte Zapfen von oben ein, berühren jedoch nicht die untern Flächen der Einschnitte. Diese Zapfen bestehn aus Gufseisen und sind an Schuhe angegossen, welche die Köpfe der Wendesäulen umfassen, und sowohl an diese, wie an den obern Rahm befestigt sind. Um die Thore auszuheben, darf man kein Halsband öffnen, noch sonst irgend eine Verbindung lösen. Es genügt dazu, das Thor senkrecht aufzuwinden, wodurch gleichzeitig der untere Zapfen aus der Pfanne gehoben, und der obere vom Halsbande frei wird. Alsdann muss aber noch eine geringe horizontale Bewegung des Thors erfolgen, damit das Halsband aus dem Einschnitt der Wendesäule tritt. Die Schwächung der letztern ist auch hierbei sehr bedenklich.

Die andre Methode, wonach man am obern Theil des Thors keinen Zapfen einsetzt, vielmehr die Wendesäule selbst entweder am Kopf, oder in der Nähe desselben in ihrer vollen Breite cylindrisch bearbeitet und sie unmittelbar mit dem Halsbande umfafst, gewährt den Vortheil der möglichsten Festigkeit und sonach auch der dauernden genauen Stellung der Drehungsachse. Man hat daher in England und in den Niederlanden sowohl die grössern, als die kleinern Schleusenthore gewöhnlich in dieser Weise behandelt. Ein Versetzen der Drehungsachse gegen die Achse der Krümmung der Wendesäule dürfte auch hierbei keineswegs unthunlich sein, da der Abstand beider sehr geringe ist, doch kommt dieses bei Englischen Schleusen nicht vor, weil der dadurch erreichte Vortheil für zu geringe erachtet wird.

Bei eisernen Schleusenthoren wird die Drehungsachse jedesmal unmittelbar durch den Kopf der Wendesäule gebildet, bei hölzernen mufs dagegen, um einer schnellen Abnutzung vorzubeugen, der Hals überdeckt oder bekleidet werden. In den Niederlanden geschieht dieses, namentlich bei grofsen Thoren in der Art, dafs man einen cylindrisch abgedrehten Ring über den Kopf der Wendesäule zieht und denselben durch eingetriebene Keile befestigt. Der Ring hat, um sein Drehn zu verhindern, an der innern Seite drei Rippen, wie der untere Zapfen, der Fig. 316*b* dargestellt ist. Der Ring schliefst sich übrigens an die Krümmung der Wendesäule an, und beide haben gleichen Durchmesser. Der Kopf der Wendesäule wird demnach um die Dicke des Ringes im ganzen Umfange geschwächt, auch die Rinnen zur Aufnahme der Rippen werden sorgfältig eingeschnitten.

Indem der Druck des Thors, so lange dasselbe im Halsbande hängt, stets nach der Schlagsäule gekehrt ist, so wird der Hals der Wendesäule an dieser Seite besonders leiden, und es genügt sogar, ihn hier zu schützen. Dieses geschieht, indem man entweder einen halben Ring anbringt, wie Fig. 323 in der stark ausgezogenen Linie zeigt, oder einige eiserne Schienen lothrecht an dieser Seite in den Hals einlässt und daran befestigt. Eine sorgfältige Bearbeitung dieser Schienen, und zwar nach deren Befestigung, ist aber nothwendig, damit ihre äufsern Flächen genau mit der cylindrischen Oberfläche der Säule zusammenfallen, und sich weder im Halsbande klemmen, noch auch in Folge der Unebenheit und Rauhigkeit ihrer

Oberfläche letzteres angreifen. Beim Oeffnen und Schliefsen des Thors werden indessen auch andre Theile des Halses mit dem Halsbande in Berührung gebracht und oft einem starken Druck ausgesetzt. Daher begnügt man sich gemeinhin nicht, diese Schienen an der der Schlagsäule zugekehrten Seite anzubringen, befestigt solche vielmehr wenigstens im halben Umfange des Halses, oft auch rings um denselben.

Das um die Wendesäule greifende Halsband besteht bei den Niederländischen und eben so auch bei den grössern Französischen Schleusen gemeinhin aus einem vollen Ringe, der aus zwei Hälften zusammengesetzt ist. Zur Verbindung der letztern dienen zwei diametral einander gegenüberstehende Charniere, von denen das eine durch einen losen Bolzen geschlossen wird. Sobald man diesen herauszieht, läfst sich die vordere Hälfte des Halsbandes um das andre Charnier zurückschlagen, und die Wendesäule wird frei. Zuweilen fehlt der hintere Theil des Halsbandes ganz, indem die vordere Hälfte desselben unmittelbar mit den Ankern verbunden ist. Bei den Niederländischen Schleusen sind die Anker zuweilen auch so gekrümmt, dafs sie selbst die hintere Hälfte des Halsbandes bilden. Die Verschiedenartigkeit dieser Anordnungen wird um so grösser, als auch die Anker in mehrfacher Weise mit den Halsbändern selbst, oder mit den daran befindlichen Ansätzen verbunden werden. Im Folgenden sollen die wichtigsten dieser Verbindungen an einzelnen Beispielen gezeigt werden, doch sind einige allgemeine Bemerkungen über diese Halsbänder und Anker voranzuschicken.

Die Halsbänder dieser Art sind bei kleineren Canalschleusen $\frac{1}{4}$ bis 1 Zoll stark und 3 bis 4 Zoll hoch, bei grossen Schleusen dagegen messen sie in der Dicke bis 3 Zoll und in der Höhe bis 10 Zoll. Die Charniere werden dadurch gebildet, dafs cylindrische Verbreitungen an den Enden angebracht und zur Aufnahme der Verbindungsbolzen durchbohrt sind. Wie bei andern Charnieren sind auch hier abwechselnd Einschnitte eingefeilt, so dafs beide Theile in einander greifen. Bei kleineren Schleusen wird gewöhnlich ein Lappen der einen Hälfte von zwei Lappen der andern umfafst und durch den Bolzen verbunden. Bei höheren Halsbändern greifen dagegen zwei Lappen des einen Theils in drei des andern, oder die Anzahl derselben ist auch noch grösser. Das Fehlen der

hintern Hälfte des Halsbandes ist übrigens ohne Nachtheil, weil das Thor sich doch nicht dagegen lehnt, und wenn es zufälliger Weise zurückgestofsen werden sollte, so würde es an der Wendenische schon eine sichere Unterstützung finden.

Die Anker, welche gewöhnlich aus Schmiedeeisen bestehn, sind bei kleinern Thoren $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch und breit, bei gröfsern dagegen bis 4 Zoll. Ihre Länge beträgt im ersten Falle 4 bis 6 Fufs, im letzten dagegen bis 20 Fufs. Dafs mehr als ein Anker erforderlich ist, um ein Thor in seinen verschiedenen Stellungen sicher zu unterstützen, ist bereits erwähnt worden. Gemeinhin werden zwei zur Befestigung eines Halsbandes angebracht, in grofsen Schleusen wird zuweilen auch noch ein drittes hinzugefügt.

Zur Befestigung der Anker in der Mauer dienen senkrechte Splinte, die man in grofsen Schleusen hinter recht feste und schwere Steine stellt, um sie möglichst sicher zu unterstützen. Die Uebermaurung der Anker, wie in den Preufsischen Schleusen, kommt bei Holländischen und Französischen nie vor. Gewöhnlich sind die Anker gar nicht, oder doch nur mit einzelnen dünnen Steinplatten überdeckt. Die Splinte reichen daher meist nur abwärts in die Mauer und treten über die Anker wenig oder gar nicht vor. Die Anzahl der Splinte in jedem Anker beschränkt sich gemeinhin auf zwei, doch kommen bei grofsen Längen auch drei Splinte vor, und kurze Anker werden oft nur durch einen gehalten. An den Stellen, wo die Augen für die Splinte angebracht sind, mufs der Anker jedesmal so verbreitet oder verstärkt sein, dafs er mindestens denselben Querschnitt, wie an den andern Stellen, behält.

Zuweilen, und namentlich bei kleinen Schleusenthoren, werden beide Anker nebst dem hintern Theile des Halsbandes aus einem Stücke geschmiedet. Indem dieses aber nicht leicht auszuführen ist, dabei auch vielfach die Gefahr eintritt, dafs entweder die Schweifsstellen, oder diejenigen, welche stark gekröpft sind, nicht die volle Festigkeit des gesunden Eisens behalten, so pflegt diese Verbindung nur ausnahmsweise vorzukommen, und bei grofsen und schweren Ankern verbietet sie sich von selbst. Gewöhnlich versieht man das Halsband mit kürzeren Armen von 2 bis 3 Fufs Länge, welche in den Richtungen der Anker sich fortsetzen, auch der Zahl nach mit diesen übereinstimmen. Die Anker sind an den Enden, wo sie mit diesen Armen verbunden werden sollen, gespalten, und eben so

wie letztere mit passenden Zahnschnitten versehn. Das Halsband wird bei dieser Einrichtung nicht nur sicher gehalten, sondern man hat dabei auch noch den Vortheil, dafs, nachdem die Anker bereits vollständig befestigt sind, man das Halsband mit seinen Armen noch passend einstellen kann, indem die Zahnschnitte unter sich einigen Spielraum lassen. Wenn das Halsband an der gehörigen Stelle liegt, werden die Arme mit eisernen Keilen gegen die Anker befestigt, und die Fugen zwischen beiden vollends mit Blei ausgegossen. In einzelnen Fällen sichert man die Verbindung auch dadurch, dafs man eiserne Schraubenbolzen hindurchzieht. Zuweilen unterläfst man dagegen das Vergiefsen mit Blei, um das Halsband später noch schärfer anziehn zu können.

Fig. 320 zeigt ein Halsband nebst zugehöriger Verankerung an einer Hafenschleuse im Hâvre. Ersteres ist mit drei Armen verbunden, welche von eben soviel Ankern umfafst werden. Die Verbindung ist mittelst Zahnschnitten dargestellt. Das Charnier besteht jedesmal aus fünf Lappen, die in einander greifen und durch einen Bolzen zusammengehalten werden.

In Fig. 321 ist die Verbindung eines Ankers mit einem Arme des Halsbandes der Schleuse im Canal St. Maur angedeutet. Die Zahnschnitte sind hier in rechtwinklige Ansätze verwandelt, und die entsprechenden Einschnitte in den Ansätzen der Anker sind so verlängert, dafs hinreichender Spielraum zum Nachtreiben der Keile bleibt. Diese Keile sind in der Figur dunkler gehalten.

Bei kleineren Schleusen giebt man jedem Halsbande zuweilen nur einen, jedoch recht starken Arm, und an diesen sind die nach beiden Seiten auslaufenden Anker mit Schraubenbolzen befestigt, wie Fig. 322 zeigt. Die oben erwähnte Anordnung, dass der hintere Theil des Halsbandes ganz fehlt, und die vordere Hälfte desselben unmittelbar an den Ankern befestigt wird, stellt Fig. 323 dar. Die Befestigung ist dieselbe, als wenn das Halsband vollständig wäre, sie ist nämlich wieder durch Charniere dargestellt. In dieser Figur bemerkt man auch einen in den Hals der Wendesäule eingelassenen halben Ring, der das Holz gegen Beschädigungen durch das Halsband schützt.

Fig. 324 zeigt endlich eine Verbindung, die in den Niederlanden nicht selten ist und bei den sogenannten Fächer-Thoren gewöhnlich vorkommt. Der hintere Theil des Ringes ist nämlich aus zwei von

einander getrennten Quadranten zusammengesetzt, deren jeder durch die Verlängerung eines Ankers gebildet ist. Hierbei kommen freilich starke Kröpfungen im Eisen vor, dagegen ist das Schweifsen ganz vermieden. Beide Anker sind in der Nähe des Halsbandes, wo sie zusammentreten, durch eine aufgesetzte, und in den Stein vergofsne starke Klammer mit einander verbunden, und um sie recht fest zusammenzutreiben, sind noch zu beiden Seiten in die Klammer eiserne Keile eingesetzt. Die vordere Hälfte des Halsbandes ist in gewöhnlicher Art mittelst Charnieren befestigt.

Bei der Schleuse Wilhem III. im Nordholländischen Canal (Fig. 252 auf Taf. XXXII) ist in das Halsband noch eine Bronze-Scheibe eingesetzt und durch schwach vortretende Rippen darin befestigt. In derselben befindet sich die Achse, deren bereits bei Beschreibung dieser Thore Erwähnung geschah (§ 68).

In England sind die Halsbänder der Thore und ebenso auch die Anker bei gröfsern und bei kleinern Schleusen sehr übereinstimmend unter sich, und von den bisher beschriebenen wesentlich abweichend eingerichtet. Das Halsband besteht jedesmal nur aus einem einfachen Bügel, der den Hals der Wendesäule umfafst. Seine Arme verlängern sich rückwärts, greifen durch den vorstehenden Rand des Ankers hindurch und sind hinter demselben festgekeilt. Der Anker besteht aber aus Gufseisen, und bildet bald eine einfache Platte; bald zwei, auch wohl drei Arme, die dann aber gemeinhin mehrfach unter sich verbunden sind, so dafs man den Anker auch in diesem Fall als eine Platte, die jedoch vielfache Oeffnungen hat, ansehn kann. In andern Fällen sind die Arme des Ankers aber auch nicht unter einander verbunden. Jedenfalls hat der Anker in der Nähe der Thornische einen aufwärts gerichteten Rand, und wie die Form der Verbindung auch sein mag, so sind die hintern Enden der Arme fast immer abwärts gekehrt, so dafs sie in die Steine eingreifen und darin vergossen werden. In seltenen Fällen, und namentlich nur bei grofsen Schleusen, sind besondere Bolzen in die Steine eingesetzt und darin vergossen, über welche die Anker mittelst Augen greifen, auch wohl daran festgeschroben sind.

Die Stärke dieser Halsbänder stimmt mit den obigen Angaben ziemlich überein, die Anker werden dagegen, insofern sie aus Gufseisen bestehn, viel schwerer gehalten. Bei grofsen Seeschleusen

sieht man oft Ankerarme, die 3 bis 3½ Zoll breit und hoch, und dabei bis 10 Fuſs lang sind. Bei kleineren Canalschleusen haben die Arme auch mindestens einen Querschnitt von 4 Quadratzoll, und wenn statt zweier Arme eine volle Platte gewählt ist, so beträgt die Dicke derselben nie unter 2 Zoll. Die Länge der Anker bei kleinen Schleusen beschränkt sich zuweilen auf 2 Fuſs, doch ist sie gemeinhin etwas gröſser. Der vortretende Rand, durch welchen die Enden des Bügels gezogen sind, ist gewöhnlich bedeutend stärker, als die Arme des Ankers, oder die Platte. In vielen Fällen bemerkte ich, daſs er eben so breit als hoch war. Selbst bei groſsen Schleusen wird dieses Verhältniſs gewöhnlich beobachtet.

Im Allgemeinen greifen diese Anker nicht so weit in das Mauerwerk ein, wie sonst üblich ist, doch fassen sie selbst bei kleineren Schleusen die zweite Steinreihe, und man wendet viele Vorsicht an, sie mit recht groſsen Steinen zu verbinden. Fast jedesmal sind diese Steine aber wieder mit den nächsten durch eingesetzte Dübel oder eiserne Klammern verbunden, und hierdurch wird bei den festen Steinen und dem guten Mörtel eine genügende Sicherheit erreicht. Die Anker sind aber nicht nur durch die an den Enden der Arme befindlichen, abwärts gekehrten Zapfen, die häufig schwalbenschwanzförmig geformt sind, mit den Steinen verbunden, vielmehr sind sie in ihrer ganzen Ausdehnung in sorgfältig ausgearbeitete Vertiefungen versenkt, und die Fugen umher sind jedesmal mit Blei vergossen. Nur der vordere aufwärts gekehrte Rand ragt über die Oberfläche der Mauer heraus, so daſs das Halsband mit den Keilen frei ist, und letztere nach Bedürfniſs angetrieben oder nachgelassen werden können.

Fig. 325 zeigt das Halsband nebst Anker einer kleineren Englischen Canalschleuse, wie solches häufig vorkommt. Die beiden Arme des Bügels oder Halsbandes werden gemeinschaftlich durch zwei Schluſskeile, die gegeneinander getrieben sind, gehalten. In Fig. 326 sind die Anker in den Schleusen des Bolton-Canals dargestellt, deren lichte Weite 15 Fuſs miſst. Die Länge des Ankers beträgt 4 Fuſs, und dasselbe besteht aus drei mit einander verbundenen Armen. Letztere sind an den Enden mit kurzen Querarmen versehn, die einige Zoll tiefer in die Steine greifen. Die Arme des Halsbandes treten durch den vortretenden Rand des Ankers, und jeder wird einzeln durch zwei gegeneinander getriebene

Keile gehalten. Hiervon abweichend ist die Verankerung in den Schleusen des Rochdale-Canals. Die volle Ankerplatte lehnt sich nämlich gegen zwei in die Steine versetzte Bolzen und wird überdies durch Schraubenmuttern gehalten. In ähnlicher Weise sind bei dieser Schleuse auch die Arme des Halsbandes an den hintern Enden cylindrisch bearbeitet und mit Schraubengewinden versehn, so dafs sie durch aufgesetzte Muttern gespannt werden können.

Die Verankerung der Verbindungsschleuse in Hull ergiebt sich aus Fig. 309 *c*. Sie ist von der bei Canalschleusen üblichen nicht wesentlich verschieden, nur wird jeder Arm von einem tief in die Mauer eingreifenden Bolzen oder Splint gehalten. Aufserdem ist hierbei noch eine andre Art der Verankerung in Anwendung gebracht, die, wie es scheint, dieser Schleuse eigenthümlich ist. Um nämlich die Thore, besonders wenn sie auf Rollen laufen, immer leicht beweglich zu erhalten, kommt es darauf an, dafs die Seitenmauern selbst unverändert ihre Stellung behalten, und nicht etwa überweichen. Um dieses mit voller Sicherheit zu erreichen, hielt Walker es für nöthig, diese Theile noch zu verankern. Er stellte daher eine 6zöllige Platte, die 12 Fufs lang und 9 Fufs hoch ist, der Wendenische gegenüber hinter der Mauer auf. Dieselbe wurde mittelst drei 2zölligen Zugstangen, deren Enden durch Schraubenmuttern an sie befestigt waren, mit den Ankern des Halsbandes und mit einzelnen Steinen der Wendenische verbunden. Drei andre eben so starke Zugstangen, die in gleicher Weise die Platte fafsten, ziehn sich rückwärts etwa 50 Fufs weit nach einer Pfahlreihe hin, die auf diese Art der Platte, so wie der ganzen Mauer zur festen Stütze dient*).

Zur Befestigung der Thore des Docks zu Montrose dienen gufseiserne Anker, $3\frac{1}{2}$ Zoll hoch und breit. Sie sind an den Enden mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen versehn, die in die Steine greifen. Die Halsbänder dieser Thore sind 2 Zoll stark und 4 Zoll hoch. Fig. 327 zeigt endlich das Halsband eines Thors am St. Katharine's Dock. Dasselbe ist insofern eigenthümlich, als jeder Arm aus zwei besondern Theilen besteht, die durch je einen in der Mauer vergofsnen Bolzen mit einander verbunden sind.

---

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers.* London 1836. Vol. I. p. 38.

Nahe übereinstimmend mit dieser in England üblichen Verankerung ist diejenige, welche für die Schleusen des Ihle-Canals gewählt ist. Dieselbe ist auf Taf. XLVI dargestellt, und zwar in den Figuren *f* und *g*. Der Zapfen ist, wie bereits erwähnt, aus einem Stück mit der starken Platte geschmiedet, welche man mittelst Schrauben an den obern Rahm befestigt hat. Der Zapfen ist sorgfältig abgedreht und um ihn legt sich eine 1 Zoll starke und 3 Zoll hohe Schiene, die an beiden Enden mit Verstärkungen versehn ist, welche in Schlitze der beiden schmiedeeisernen Anker eingreifen und hier durch eiserne Keile befestigt sind, die, so oft es nöthig ist, schärfer angezogen werden können. Um zu verhindern, dafs die Schlitze sich nicht zu weit öffnen, ist noch jedesmal ein Schraubenbolzen hindurchgezogen, der jedoch wegen der lang ausgezogenen Oeffnung in der Schiene das weitere Anziehen derselben nicht hindert. Jeder Anker wird durch ein aufrecht stehendes Splint gehalten, das sich an zwei Eisenstangen lehnt und diese übertragen den Druck auf das Ziegelmauerwerk. Die Mauern treten, wie Fig. *b* zeigt, noch 1 Fufs über die Anker, verdecken also vollständig die Splinte.

Schliefslich dürften hier noch einige Bemerkungen über das Einhängen und Ausheben der Thore ihre Stelle finden. Bei Anwendung kräftiger Hebemaschinen auf hohen Rüstungen, die zugleich die erforderliche Seitenbewegung gestatten, kann man die Thore, nachdem sie neben der Schleuse vollständig zusammengesetzt sind, ohne Weiteres aufheben, herablassen und einhängen. Dieses Verfahren findet allerdings bei kleinern Thoren zuweilen Anwendung, es ist jedoch keineswegs das gewöhnliche, vielmehr pflegt man das Thor vor dem Aufstellen in die Thorkammer zu bringen. Letzteres geschieht entweder in der Art, dafs das Thor erst am Boden der Thorkammer zusammengesetzt wird, oder man transportirt es im Ganzen, indem es auf Unterlagen über Rollen bewegt und mit Beihülfe von kräftigen Winden seine Bewegung unterstützt oder gemäfsigt wird. Man mufs im letzten Fall aber dafür sorgen, dafs die Bahn nicht zu stark geneigt ist. Man führt dieselbe daher gewöhnlich über die Canaldossirung.

Man giebt dem Thor auf dem Schleusenboden eine solche Lage, dafs es nach dem Aufrichten in der Thornische steht, also nur wenig verstellt werden darf, um mit dem Zapfen der Wende-

säule in die Pfanne einzugreifen. Das Thor so zu legen, dafs beim Richten desselben der Zapfen sogleich in die Pfanne tritt, verbietet sich theils wegen des Mangels an Raum, theils aber würde auch bei diesem Eingreifen, bevor die lothrechte Stellung eingenommen ist, ein starkes Klemmen erfolgen.

Das auf hölzerner Unterlage ruhende Thor kann man durch Schrauben, und dergleichen, die unter den obern Rahm greifen, leicht etwas anheben, zum vollständigen Richten mufs es aber von oben mittelst Hebezeugen gefafst werden. Zu diesem Zweck werden zur Seite der Schleuse wenigstens zwei, bei schweren Thoren auch wohl vier kräftige Erdwinden aufgestellt, welche die in die Flaschenzüge eingeschornen Taue anziehn. Die Anzahl der Flaschenzüge stimmt mit der der Erdwinden überein, und eben so viele Krahnbalken werden auch eingerichtet, die etwas über die Thorkammermauer vortreten. Man mufs letztere mehrere Fufs hoch über der Mauer anbringen, damit das Thor daran hängend in die Pfanne eingesetzt werden kann, und zwischen dem Thore und den Krahnbalken noch der nöthige Raum für die Flaschenzüge bleibt. Man stellt eine feste Rüstung auf die Mauer der Thornische, und legt starke Balken mit einem Ende darüber, während die andern Enden derselben gehörig beschwert, auch gegen Seitenbewegung gesichert sind. Die untern Blöcke der Flaschenzüge werden gegen den Oberrahm der Thore mittelst durchgezogener Taue, oder auf andre Weise sicher befestigt. Die Wahl der Befestigungspunkte, sowie auch die Stellung der Krahne ist aber von grofser Wichtigkeit, damit das Thor, sobald es schwebt, seitwärts bewegt und lothrecht in die Pfanne herabgelassen werden kann.

Sobald man die Erdwinden in Thätigkeit setzt, richtet sich das Thor auf. Bei einer gewissen Neigung wird der Fufs desselben stark gegen die Mauer gedrängt. Man mufs durch Anbringung von passenden Unterlagen dafür sorgen, dafs das Thor nirgend unmittelbar die Mauer berührt, und besonders, dafs nicht vielleicht ein plötzliches starkes Gleiten eintritt. Minard erwähnt, dafs er beim Einhängen schwerer Thore hölzerne Drehungsachsen in Form von halben Cylindern benutzt habe, auf deren flacher Seite die untern Rahme ruhten, und die in hölzernen Mulden, wie in Pfannen sich drehten. Wenn letztere gegen die Mauer gehörig abgesteift waren, so wurde eine sehr sichre und regelmäfsige Bewegung der Thore erreicht.

Die Erdwinden bleiben so lange in Bewegung, bis das Thor frei über dem Boden schwebt, und man mufs die obern Blöcke der Flaschenzüge so befestigt haben, dafs alsdann das Thor von selbst die erforderliche Seitenbewegung macht und an diejenige Stelle kommt, wo die Pfanne lothrecht über dem Zapfen sich befindet. Diese Seitenbewegung darf indessen nicht plötzlich eintreten, man faſst daher das Thor noch seitwärts mit einem Tau, und schlingt dieses einige Male um einen festen Pfahl. Durch leises Nachlassen dieses Taues wird das Thor in die gehörige Stellung gebracht, und wenn das Halsband der Form der Wendesäule entspricht, so braucht man nur die Erdwinden langsam zurückzudrehn, um den Zapfen in die Pfanne zu stellen, worauf auch das Halsband sogleich befestigt werden kann, während das Thor noch an den Flaschenzügen hängt.

Beim Ausheben des Thors ist das Verfahren dasselbe, es erfolgt jedoch in umgekehrter Ordnung. Die Flaschenzüge müssen dabei wieder so befestigt sein, dafs das Thor nur mit Hülfe eines stark angespannten horizontalen Taues sich anfangs senkrecht hebt, beim Nachlassen des letztern aber von selbst so weit seitwärts rückt, dafs der Fufs der Wendesäule beim spätern Senken nicht mehr die Pfanne oder den Zapfen trifft.

Beschwerlicher wird dagegen das Aus- und Einheben, wenn das Halsband nicht die volle Weite der Wendesäule hat, das Thor also nicht unmittelbar in die Pfanne eingestellt werden kann. Man pflegt alsdann das Thor, nachdem es gerichtet ist, in eine schräge Stellung zu bringen, so dafs es auf dem Fufs der Schlagsäule ruht. In dieser Weise wird es mit Brechstangen seitwärts bewegt, bis man den Zapfen in die Pfanne hineinlassen kann. Alsdann erst giebt man ihm die lothrechte Stellung, und befestigt das Halsband.

Beim Bau der Dockschleuse zu St. Nazaire, die 80 Fufs weit ist, trat beim Einhängen der Thore noch eine andre Schwierigkeit ein. Jedes Thor ist 44½ Fufs breit und 32 Fufs hoch. Um es gehörig zu verstärken, ist jeder Riegel, wie auch jeder Rahm aus einem graden Spannriegel und vier gekrümmten Balken zusammengesetzt, woher das Thor in der Mitte 5 Fufs stark ist, während es an der Schlag- und Wendesäule sich bis auf 2 Fufs zuspitzt. Von den 13 Riegeln, deren jeder 15 Zoll hoch ist, wurden die 11 untern unmittelbar auf einander und auf den untern Rahm gelegt. Sie

sollten durch eine Anzahl Bolzen mit einander verbunden werden, und diese liefsen sich nur gut schliefsend einbringen, wenn das Thor in aufrechter Stellung zusammengesetzt wurde. Es kam also noch darauf an, die fertigen Thore umzulegen, damit sie schwimmend in die Thorkammern gebracht werden konnten.

Dieses Umlegen geschah sehr einfach, indem die Thore in einer rings mit Deichen umgebenen tiefen Baugrube erbaut waren. In derselben wurden daneben hölzerne Rüstungen errichtet, auf welche sie sich legen sollten. Man liefs alsdann das Hochwasser hinein, und da die Grube sich nicht hinreichend füllte, wurde noch Wasser hineingepumpt, so dafs dieses 12 Fufs hoch über der erwähnten Rüstung stand. Durch Erdanschüttung hatte man dafür gesorgt, dafs der untre Rahm beim Kanten nicht zurückweichen konnte, als man nun aber durch kräftige Erdwinden das Thor neigte, so dafs es umfiel, so berührte es beim Herabstürzen nicht die Rüstung, wurde also auch nicht beschädigt. Jener hohe Wasserstand war nach verschiedenen Versuchen mit einem Modell ermittelt, man überzeugte sich aber, indem das Eintauchen des Thors beobachtet wurde, dafs schon ein Wasserstand von 11 Fufs über der Rüstung genügt haben würde, um das Thor gegen ein nachtheiliges Aufstofsen zu sichern*).

§. 70.

Unterstützung der Thore.

Wenn ein Schleusenthor nur aus den Hauptverbandstücken, nämlich den beiden Säulen, den Rahmen und Riegeln zusammengesetzt ist, so ist die Form desselben keineswegs vollständig gesichert, und es kann leicht ein Verziehn der rechtwinkligen Verbindung eintreten. Eine geringe Aenderung in dieser Beziehung ist zwar ohne wesentlichen Nachtheil, da einerseits die Verminderung der Breite des Thors dabei nicht merklich ist, andrerseits aber auch der Spielraum zwischen dem Thorkammerboden und dem Fufs der Schlagsäule so grofs ist, dafs die Berührung beider nicht sogleich

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1861. I. pag. 113.

zu besorgen ist. Dagegen pflegt die Formveränderung, wenn ihr keine Grenze gesetzt wird, schnell zuzunehmen, indem die hölzernen Nägel, welche die Verbindung der Zapfen darstellen, und die eisernen Beschläge, immer leichter nachgeben.

Aufserdem mufs man darauf Rücksicht nehmen, dafs in den Thorkammern starke Ablagerungen von Sand und Schlamm erfolgen, die Bewegung der Thore also dadurch schon weit früher behindert wird, ehe sie den Boden berühren. Ein vollständiges Reinigen der Thorkammer ist aber schwierig, und daher liegt ein grofser Vortheil darin, dafs man die Reinigung immer erst vornehmen darf, wenn die Anhäufung die Höhe von einigen Zollen erreicht hat.

Unter den Mitteln, wodurch man dem Sacken der Thore begegnet, ist zunächst die Verstrebung zu erwähnen. Die verschiedenartigen Anordnungen derselben sind bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore speciell beschrieben. Hier soll nur auf einzelne Umstände aufmerksam gemacht werden. Der Fufs der Strebe ist jedenfalls mit dem Fufs der Wendesäule zu verbinden, ihren Kopf stützt man aber besser gegen den obern Rahm, als gegen die Schlagsäule, weil letztere sich leichter von der Wendesäule etwas entfernen kann, als der erstere. Je steiler die Strebe angebracht wird, desto wirksamer ist sie. Sie erfüllt daher bei Thoren, die im Verhältnisse zur Breite sehr hoch sind, am besten ihren Zweck, und am wenigsten gewährt sie bei niedrigen und breiten Thoren hinreichende Sicherheit. Man unterstützt sie zuweilen noch durch Anbringung einer zweiten Strebe, die von der Mitte der Wendesäule nach der Mitte des obern Rahms geführt wird. In manchen Fällen hat man auch drei Streben angebracht, doch ist dieses weniger zu empfehlen. Dagegen läfst man sowohl bei uns, als in Holland und Frankreich auch die ganze Bekleidung des Thors als Verstrebung wirken, wodurch der Druck nicht auf einzelne Stellen vereinigt, vielmehr auf die ganze Länge der Verbandstücke ziemlich gleichmäfsig vertheilt wird. Endlich wäre noch daran zu erinnern, wie schon §. 67 erwähnt, dafs man zuweilen und namentlich bei Französischen Canalschleusen gufseiserne Eckstücke in die sämmtlichen Winkel zwischen den Schleusen und den horizontalen Verbandstücken einschiebt und durch Schrauben befestigt. Da hierdurch die Berührungsflächen sich wesentlich vergröfsern, so wird dem Versacken wirksam vorgebeugt.

Indem die Strebe nicht sogleich in Wirksamkeit tritt, dieses vielmehr erst geschieht, wenn der obere Rahm und das ganze Gewicht des Thors sie so stark belastet und spannt, dafs ihre Elasticität den nöthigen Widerstand leistet, so mufs eine geringe Formveränderung des Thors der Wirksamkeit der Strebe vorangehn. Um nun diejenige Form, welche dem Zweck am meisten entspricht, dauernd zu sichern, so bringt man bei der Zusammensetzung eine geringe Ueberhöhung an der Seite der Schlagsäule an. Das Maafs derselben beschränkt man bei kleineren Thoren etwa auf einen halben Zoll.

Ein andres Mittel zur Verhinderung des Durchsackens der Thore besteht in der Anbringung eines Zugbandes, welches von dem Kopfe der Wendesäule nach der diagonal gegenüberstehenden Ecke des Thors gespannt wird. In den Französischen Schleusenthoren und zwar eben sowohl bei gröfsern, wie bei kleinern fehlen dieselben fast nie, bei uns kommen sie zuweilen, jedoch nur selten vor, an den Niederländischen Thoren fehlen sie meist, so wie auch an den Englischen Canalschleusen. Man mufs diese Bänder, wenn sie an sich hinreichend stark, und überdiefs in angemefsner Weise befestigt sind, als ein kräftiges Mittel gegen das Versacken der Thore ansehn, auch läfst sich dabei leicht mittelst Schrauben oder Keilen eine Vorrichtung zum schärfern Anspannen derselben anbringen.

Das obere Ende des Zugbandes wird gewöhnlich am Kopf der Wendesäule befestigt, das untere Ende dagegen ist zuweilen mit dem untern Rahm, zuweilen auch mit dem Fufs der Schlagsäule verbunden. Letzteres verdient wohl den Vorzug, insofern das Band auch in horizontaler Richtung zieht, und dadurch die Zapfen-Verbindung an beiden Enden der Riegel verstärkt. Demnächst entsteht die Frage, an welcher Seite des Thors man das Zugband anbringen soll, und es ist aufser Zweifel, dafs dasselbe, wenn es nur an einer Seite sich befindet, in Folge seiner starken Spannung, auf ein Drehn der Verbandstücke, die es faßt, hinwirkt. Um dieses zu vermeiden, verlegt man zuweilen das Zugband in die Mitte zwischen die vordere und hintere Thorfläche, indem man die sämmtlichen Riegel durchbohrt und es durch die Bohrlöcher hindurchzieht. Dieses ist beispielsweise bei den Schleusen des Ihle-Canals geschehn (Taf. XLVI). In Frankreich ist es ziemlich allgemein üblich, auf

jede Seite des Thors ein besondres Zugband zu legen, und beide sowohl oben, wie unten durch Bolzen mit einander zu verbinden.

Diese Bolzen, wodurch das Zugband an beide Säulen befestigt wird, dürfen nicht gegen das Holz der letztern sich lehnen, weil sie sich darin eindrücken, dasselbe auch wohl aufspalten würden, vielmehr müssen sie noch durch die beiderseitigen Eisenbeschläge hindurch gezogen sein, oder wenn sie den Kopf der Wendesäule treffen, muſs zu ihrer Sicherung ein besonderes Band oder ein Ring umgelegt werden. Fig. 328*a* auf Taf. XLVII zeigt die Verbindung des Zugbandes mit dem Kopf der Wendesäule an der Cherbourger Schleuse. Ein starker Eisenring, der durch vier Schrauben fest angezogen werden kann, ist an beiden Seiten durchbohrt, und unterstützt den obern Bolzen. Der untere greift dagegen durch den rechten Winkel des untersten Winkelbandes, der die Schlagsäule mit dem untern Rahm verbindet. Er versieht hier zugleich die Stelle desjenigen Bolzen, der zum Zusammenhalten der beiderseitigen Winkelbänder sonst eingezogen sein müſste.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Canals ist in der Nähe der Schlagsäule um den untern Rahm ein Ring gelegt, und dieser wird von dem Zugbande gefaſst.

Gemeinhin werden die Zugbänder noch an einzelne Thorriegel befestigt, damit sie nicht bei zufälligem Gegenstoſsen der Schiffe verbogen werden, was bei ihrer groſsen Länge leicht geschehn könnte. Damit sie aber, wenn es nöthig ist, später schärfer angezogen werden können, so empfiehlt es sich, an diesen Stellen nicht Bolzen, vielmehr Klammern zu wählen, die sie umfassen, ohne ihre Beweglichkeit zu beschränken.

Das Anziehn der Zugbänder, um dieselben sowohl beim ersten Aufbringen, als auch bei später eintretendem Sacken des Thors gehörig anzuspannen, geschieht entweder durch Keile, oder durch Schrauben. In beiden Fällen sind die Anordnungen zuweilen sehr einfach, alsdann aber auch mit manchen Mängeln verbunden. Für die Keile findet dieses statt, wenn jedes Zugband aus einem einzelnen Stück besteht, und das obere Bolzenloch lang ausgezogen ist, in dieses aber unmittelbar über den Bolzen ein Keil eingetrieben wird. Passender ist die bereits bei der Verankerung der Halsbänder erwähnte Anordnung, wonach das Band aus zwei in einander grei-

fenden Theilen besteht, von denen Fig. 328 *a* und *b* den obern, und dieselben Figuren, so wie auch *c* den untern zeigen, nämlich *a* in ihrer Zusammensetzung und mit den doppelten Treibkeilen, *b* dagegen die beiden Stücke getrennt von einander und *c* den eingreifenden Kopf des untern Theils in der Seitenansicht. Das obere kürzere Stück ist gabelförmig gespalten und zwischen beide Arme desselben tritt der Kopf des untern ein. An den äufsern Enden befinden sich jedesmal vortretende Backen, welche durch die eingetriebenen Keile von einander entfernt werden, so dafs das ganze Band sich verkürzt. Bei den Thoren der Schleuse vor dem Cherbourger Kriegshafen ist indessen, wie diese Figur zeigt, noch dafür gesorgt, dafs beim Einschlagen der Keile nicht eines der Stücke aus dem andern seitwärts herausgeschoben wird, und zu diesem Zweck sind die erwähnten Backen jedesmal der Länge nach mit Nuthen versehn, worin Federn an den betreffenden Stellen der andern Theile eingreifen. Die Figuren *b* und *c* zeigen diese Federn. so wie *c* auch die Nuthen. Man bemerkt leicht, dafs das Ende des untern Theils sich nicht in seiner Längenrichtung in die Klaue des obern hineinschieben läfst, weil die erwähnten Backen beider Theile auf einander stofsen würden. Die Verbindung ist aber leicht in der Art zu bewirken, dafs man beide Theile so weit über einander legt, dafs diese Backen sich nicht mehr treffen, alsdann kann man den Kopf des untern Theils zwischen die Arme des obern schieben, worauf die erwähnten Federn in die Nuthen eingreifen und der Raum zum Eintreiben der Keile frei wird.

Um zu verhindern, dafs der Kopf des untern Theils des Bandes sich nicht aus dem Schlitz des obern entfernt, genügt auch statt der Federn und Nuthen ein hindurchgezogener Bolzen, wie bei Gelegenheit der Verankerung Fig. *f* auf Taf. XLVI dargestellt ist. Das Bolzenloch im mittlern Theil mufs alsdann aber lang ausgezogen sein, damit die Verkürzung des Zugbandes erfolgen kann.

Bei Anwendung der Schrauben bolzt man zuweilen nur kurze Schienenstücke, die im rechten Winkel umgebogen sind, an die Köpfe der Wendesäulen. Man zieht durch dieselben die mit Schraubengewinden versehenen Enden der Zugbänder hindurch und stellt mittelst Schraubenmuttern die erforderliche Spannung her. Im Falle, dafs das Zugband im Innern des Thors angebracht. also durch die Riegel hindurchgezogen ist, läfst man es auch wohl un-

mittelbar durch den vortretenden Kopf der Wendesäule greifen, und indem man auf diesen eine eiserne Scheibe legt, bringt man hier die Schraubenvorrichtung zum Nachziehn des Bandes an.

Vortheilhafter ist es, jedes Zugband aus zwei Theilen bestehn zu lassen, die unter sich durch ein Schlofs verbunden sind, woran die Schraube sich befindet. Es kommen hiebei verschiedene Modificationen vor. Gemeinhin besteht das Schlofs aus einem langen Ringe, der an beiden oder wenigstens an einem Ende eine Schraubenmutter bildet. Wenn er nur eine Schraubenmutter hat, so ist der Ring am andern Ende durchbohrt, und in dieses Bohrloch greift das cylindrisch bearbeitete und mit einem Kopf versehene Ende des obern Theils des Zugbandes. Der untere Theil des Zugbandes ist am obern Ende gleichfalls cylindrisch geformt, doch ist darin ein Schraubengewinde geschnitten, auf welches jene pafst. Wenn also dieses Schlofs mittelst einer durchgesteckten Brechstange gedreht wird, so zieht es sich auf die Schraube weiter auf und verkürzt dadurch die Länge des Zugbandes.

Gewöhnlich versieht man beide Enden der Zugstange mit Schraubengewinden, und die betreffenden Muttern befinden sich an den gegenüberstehenden Seiten des Ringes oder Schlosses, das man in diesem Fall eine Schnalle nennt. Damit beim Drehn des letztern die beabsichtigte Verkürzung des Bandes erfolgt, dürften die beiderseitigen Gewinde nicht übereinstimmen. Gemeinhin ist eine Schraube rechts, die andre links gewunden. Bei einmaligem Umdrehn des Schlosses verlängert oder verkürzt sich daher das Zugband um die Summe der Steigungen beider Gewinde. Wenn man dagegen den Schraubengängen gleiche Richtung, aber verschiedene Steigung giebt, so ist die Verkürzung beim einmaligen Umdrehn des Schlosses nur der Differenz der beiden Steigungen gleich. Es läfst sich also bei der letzten Anordnung durch die gleiche Kraft ein bedeutend stärkerer Zug darstellen.

Vielfach giebt man dem erwähnten Schlofs nicht die einfache Form eines Ringes, verbindet vielmehr die einander gegenüberstehenden Scheiben, welche die Schraubenmuttern bilden, durch vier Arme, wodurch der Vortheil erreicht wird, dafs man die Hebel zum Drehn des Schlosses bequemer einstellen kann.

Fig. 329 zeigt ein Schlofs mit zwei Armen und den in entgegengesetzter Richtung geschnittenen Schrauben. In Fig. 330 ist

dagegen eine andre Anordnung dargestellt, die sich von jener dadurch unterscheidet, dafs das Schlofs nicht mit den beiden Schraubenmuttern, sondern mit den beiden Schraubenspindeln verbunden ist, zwischen welchen sich ein stärkerer Cylinder befindet, der mit zwei sich kreuzenden Bohrlöchern versehn ist. In letztere wird der zum Drehn des Schlosses dienende eiserne Hebel eingesetzt. Die Schraubenmuttern befinden sich in den Ansätzen, welche auf die Enden beider Theile der Zugstange aufgeklaut und durch Schraubenbolzen damit verbunden sind, wie Fig. 330*b* zeigt. Die Höhe dieser Ansätze ist ihrer Breite gleich und stimmt auch mit dem Durchmesser jenes Cylinders überein. Letzterer wird daher nicht gegen die Bekleidung des Thors gedrückt. Der Vorzug dieser Anordnung, die bei den Schleusen des Tarn, eines Nebenflusses der Garonne, gewählt ist, besteht darin, dafs man den dem Schlofs zugekehrten Enden der beiden Theile des Zugbandes gröfsere Breiten geben kann, sie sich also auf den Belag der Thore sicher auflegen und nicht gedreht werden. Bei den runden Zugbändern ist nämlich immer zu besorgen, dafs sie beim Drehn des Schlosses, besonders wenn sich Rost an die Schrauben angesetzt hat, an dieser Drehung Theil nehmen und dadurch wesentlich geschwächt werden.

Besteht das Zugband aus einer einfachen Eisenstange, der man durch Muttern an ihren Enden die nöthige Spannung giebt, wie Fig. *f*, *g* und *o* auf Taf. XLVI zeigt, so kann man denselben hinter dem Gewinde einen quadratischen Querschnitt geben, wodurch gleichfalls das Drehn verhindert wird.

Ferner begegnet man dem Sacken der Thore dadurch, dafs man den obern Rahm rückwärts über die Wendesäule verlängert, und ihn am Ende so stark beschwert, dafs er dem Thor vollständig, oder doch wenigstens zum Theil das Gleichgewicht hält. Diese Verlängerung des Rahms dient dabei zugleich zum Drehn des Thors, woher man sie den Drehbaum nennt. Bei kleinern Canal- und Flufsschleusen ist diese Einrichtung sehr üblich, und sie gewährt in der That grofse Bequemlichkeit und Sicherheit. Die Figuren 311 und 312 auf Taf. XLIV lassen die Anordnung mit hinreichender Deutlichkeit erkennen. Häufig bringt man aber aufser dem Drehbaum auch noch eine Strebe an. Als Beispiel dieser Anordnung ist in Fig. 331 auf Taf. XLVII eines der Thore einer 15 Fufs weiten Canalschleuse bei Zwolle dargestellt. Das Thor ist insofern

besonders bequem angeordnet, als hier eben so wie an den Thoren des Rochdale Canals (Fig. 312) der Drehbaum auch die Vorrichtung zum Oeffnen des Schützes trägt, und letzteres gehoben werden kann, ohne dafs man auf das Trittbrett steigen darf.

Der über das Thor hinaus tretende Drehbaum wird nicht prismatisch bearbeitet, vielmehr kommt es darauf an, ihn möglichst schwer zu halten, und man läfst daher dem Stammende die volle Stärke, indem dasselbe nur soweit behauen wird, dafs die auffallendsten Unregelmäfsigkeiten verschwinden. Es ist auch keineswegs nachtheilig, wenn das Stück gekrümmt ist, vielmehr erreicht man dadurch noch den Vortheil, dafs das Ende des Drehbaums, woran man das Thor bewegt, etwas höher gehoben und sonach das Fassen und Schieben desselben erleichtert wird. Zu demselben Zweck pflegt man auch wohl den Drehbaum, wenn er grade ist, nicht horizontal, sondern schräge an das Thor zu befestigen, so dafs Letzteres an der Wendesäule eine gröfsere Höhe, als an der Schlagsäule hat. In Ermangelung hinreichend langer und schwerer Hölzer greift der obere Rahm zuweilen nur einige Fufs weit über die Wendesäule, und der eigentliche Drehbaum ist mit Schraubenbolzen daran befestigt. Diese Anordnung, die ich bei einer kleinen Schleuse in der Nähe bei Manchester sah, gewährt noch den Vortheil, dafs der Drehbaum an der Stelle, wo die Gefahr des Bruches am gröfsten ist, nämlich über der Wendesäule, sehr kräftig verstärkt wird.

Auf das hintere Ende des Drehbaums wird häufig ein hölzerner Kasten aufgesetzt, den man mit Steinen anfüllt, um das Gegengewicht zu verstärken. Die Verbindung des Drehbaums mit der Wendesäule wird durch einen Zapfen gebildet, der aus dieser in jenen greift, aufserdem mufs man aber noch einen starken Bügel darüber legen, da der Zapfen beim Drehn des Thors einem starken Seitendrucke ausgesetzt wird. Das vordere Ende des Drehbaums greift gewöhnlich mit einem Zapfen und einer aufwärts gekehrten Versatzung in die Schlagsäule, und beide werden noch durch einen umgelegten Bügel mit einander verbunden.

Es ist an sich klar, dafs der Drehbaum seine beiden Zwecke nur sicher erfüllen kann, so lange das Thor keine grofse Breite hat. Wenn diese 9 Fufs oder darüber beträgt, so wird das Gewicht des Thors schon so grofs, dafs die Darstellung eines angemefsnen Gegengewichts sehr schwierig ist, ohne den Hebel im Unterstützunga-

punkt der Gefahr des Brechens auszusetzen. Diese Gefahr ist aber um so gröſser, als gerade hier ein Zapfenloch zur Darstellung der Verbindung mit der Wendesäule in den Drehbaum eingeschnitten werden muſs. Andrerseits wird der Widerstand des breitern Thors bei der Bewegung desselben auch so groſs, daſs zur Ueberwindung desselben Vorkehrungen getroffen werden müssen, an welche ohne Nachtheil stärkere Kräfte in Wirksamkeit treten dürfen. Es muſs aber noch daran erinnert werden, daſs man Thore mit stark belasteten Drehbäumen vorsichtig behandeln und verhindern muſs, daſs sie heftig zuschlagen, weil alsdann der Drehbaum wegen des groſsen Trägheits-Momentes seiner Belastung abbrechen würde.

Bei groſsen Schleusen wird das Versacken der Thore vorzugsweise durch Rollen oder Räder unter denselben verhindert. In England wird jedes gröſsere Schleusenthor in der Nähe der Schlagsäule von einer Rolle getragen, und zwar geschieht dieses selbst bei gröſsern Canalschleusen, während man in Frankreich nur die Thore von Hafenschleusen in solcher Art unterstützt.

Das Thor findet, während es nicht bewegt wird, allerdings eine sehr sichre Unterstützung in der Rolle, bei seiner Bewegung darf man sich aber von dieser nicht unbedingt eine groſse Erleichterung versprechen, und zwar zunächst weil das Verhältniſs zwischen dem Durchmesser der Rolle und dem ihrer Achse in sehr beschränkten Grenzen zu bleiben pflegt, woher also die Reibung nicht unbedeutend ist. Sodann aber ist eine Ablagerung von Schlamm, Sand und oft sogar von Kies in den Thorkammern nicht zu vermeiden, und dadurch wird die Bewegung der Rolle noch mehr gehindert. In beiden Beziehungen bildet sich der Widerstand am untern Rande des Thors und selbst in noch gröſserer Tiefe. Wollte man diesen dadurch überwinden, daſs man, wie bei uns immer geschieht, den Zug zum Oeffnen oder Schlieſsen des Thors auf den Kopf der Schlagsäule wirken lieſse, so würde das Thor stark gebogen und dadurch seine Verbindung in Kurzem gelöst werden. Aus diesem Grunde ist man gezwungen, sobald die Unterstützung durch die Rolle gewählt wird, eine andre Art des Oeffnens der Thore einzuführen, wobei sie, wie in England in solchem Fall immer geschieht, unter Wasser und oft sogar ziemlich nahe über dem untern Rahm gefaſst und gezogen werden.

Es entsteht zunächst die Frage, an welcher Stelle des Thors

die Rolle angebracht werden soll. Jedenfalls bildet der Zapfen unter der Wendesäule eine eben so sichere, und bei der Bewegung eine weniger hinderliche Unterstützung, als die Rolle. Von einer Entlastung des erstern durch letztere kann daher nicht die Rede sein, diese dient vielmehr nur dazu, das Versacken des überhängenden Theils zu verhindern. Hieraus ergiebt sich schon, dafs man die Rolle möglichst nahe an die Schlagsäule bringen mufs. Unter derselben würde sie freilich noch zweckmäfsiger stehn, doch bietet, wenigstens bei hölzernen Thoren, ihre Befestigung daselbst gröfsere Schwierigkeiten, als unter dem untern Rahm.

Dabei bleibt noch zweifelhaft, ob die Rolle in die Mittellinie des Thors gestellt, oder daraus mehr oder weniger entfernt werden darf. Wenn es nothwendig wäre, jeden Seitendruck sowohl im Halsbande, wie im untern Zapfen aufzuheben, so würde in dieser Beziehung der passendste Ort für die Rolle sich ergeben, wenn man eine grade Linie durch den Zapfen und die Projection des Schwerpunktes vom Thore zöge, und in die Verlängerung derselben die Rolle stellte. Diese Rücksicht ist indessen keineswegs mafsgebend, insofern eine geringe Versetzung keinen nachtheiligen Seitendruck veranlassen kann. Dagegen sind andre Umstände hierbei von wesentlicher Bedeutung. Jedenfalls mufs die Rolle so befestigt werden, dafs sie den dichten Schlufs des untern Rahms gegen die Schlagschwelle nicht behindert, sie darf daher vor den erstern auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite nicht vortreten. Auf der gegenüberstehenden Seite ist ein solches Vortreten nicht nachtheilig, und wenn die Thore cylindrisch gekrümmt sind, würde bei dieser Stellung auch der erstgenannten Bedingung noch genügt werden können. Dafs die Thornische alsdann einen besondern, weiter zurücktretenden Raum zur Aufnahme der Rolle erhalten mufs, ist keineswegs als hinderlich anzusehn, da ein solcher sich leicht darstellen läfst. Bei den in neuerer Zeit ausgeführten gröfsern Schleusen in England hat die Rolle in der That diese Stellung erhalten, während man sie früher stets unter den untern Rahm zu legen pflegte.

Bei dieser ältern Methode zur Aufstellung der Rollen war deren Gröfse durch den freien Raum unter dem Thor beschränkt, und dieselbe verminderte sich noch mehr, indem man die Bahn, auf welcher die Rolle bei der Bewegung des Thors läuft, noch etwas

über den Thorkammerboden erhöhte, um sie einigermafsen vor Ablagerungen von Sand u. dergl. zu schützen. Der Durchmesser der Rolle mufste daher auf einen halben Fufs und äufsersten Falls auf 9 Zoll beschränkt werden, indem aber die Achse stark genug sein mufste, um das Gewicht des Thors zu tragen, so stellte sich das Verhältnifs des Durchmessers der Rolle zu dem der Achse wie 2 zu 1, oder im günstigsten Falle wie 3 zu 1 heraus. Eine natürliche Folge hiervon war, dafs die Achsen-Reibung übermäfsig stark blieb, und die Rolle sich nicht leicht drehte, vielmehr zum Theil auf der Bahn schleifend fortgezogen werden mufste. Sobald man das Thor durch kräftige Winden in Bewegung setzte, wurde dasselbe zuerst merklich gebogen, und nur wenn es dadurch so weit gespannt war, dafs der Widerstand, den es der fernern Durchbiegung entgegensetzte, dem der Reibung an der Rolle gleich kam, bewegte sich die letztere. Sie nahm aber keineswegs eine gleichförmige Bewegung an, vielmehr erfolgte die Drehung des Thors nur stofsweise, was theils der Augenschein schon erkennen läfst, wovon man sich aber noch deutlicher überzeugt, wenn man sich auf das Thor stellt.

Bei gröfsern Französischen Schleusen hat man aus diesem Grunde die Wirksamkeit der Rolle dadurch zu beschränken gesucht, dafs sie anfangs, so lange die Verstrebung des Thors das Durchsacken desselben noch verhindert, die Bahn gar nicht berührt. Sie stellt sich erst später, wenn die Durchbiegung erfolgt ist, auf die Bahn auf und verhindert alsdann ein weiteres Herabsinken des Thors. Der hierdurch erreichte Vortheil scheint indessen keineswegs bedeutend zu sein.

Bei der Hafen-Schleuse zu Rochelle hat man die Anordnung gewählt, dafs die Rolle zur Hälfte ihrer Höhe in den untern Rahm eingelassen ist. Sie hindert dabei keineswegs den wasserdichten Schlufs gegen die Schlagschwelle, indem der Rahm hinreichende Breite hat, um die Rolle zu überdecken. Der Durchmesser der letztern beträgt 10 Zoll.

Die Befestigung der Rolle gegen den untern Rahm findet keine Schwierigkeit. Es ist dabei nur zu bemerken, dafs die kleinen Rollen in diesem Fall gemeinhin nicht kegelförmig, sondern nach einer Kugelfläche zwischen den beiden ebnen Endflächen abgedreht sind, wodurch es entbehrlich wird, der Bahn eine flach

kegelförmige Oberfläche zu geben. Eine starke Achse aus Schmiedeeisen ist durch die Rolle hindurchgezogen und dreht sich in Pfannen, welche an eine Platte angegossen sind. Letztere ist mittelst Schrauben an die untere Fläche des untern Rahms befestigt. Sobald es nöthig ist, die Rolle etwas zu heben oder zu senken, um sie in der passendsten Weise zu belasten, muſs jedesmal das Thor ausgehoben werden.

Soviel bekannt, lieſs Telford zuerst in den Schleusen des Caledonischen Canals die Rolle vor die dem Oberwasser zugekehrte Thorfläche treten. Um das Thor darauf zu stützen, wendete er eine 7½ Fuſs lange und nahe 1 Fuſs breite Platte an, an welche zwei Seitenwände und eine Querwand zwischen denselben in der halben Höhe der Platte angegossen war. Die Seitenwände, welche neben der Querwand, eben so wie letztere, 7 Zoll hoch sind, nehmen weiterhin eine geringere Höhe an, setzen sich aber in der ganzen Länge der Platte fort, und bilden hier drei aufwärts gekehrte Haken, womit sie über drei der mittlern Riegel des Thors greifen. Die Figuren 307 und namentlich *d* zeigen dieses. Die erwähnte Mittelwand desselben ruht auf dem mit Eisen beschlagenen Kopfe eines 9 Zoll breiten und 8 Zoll starken hölzernen Stiels, der auf der Rolle aufsteht. Der Fuſs desselben ist mittelst zweier Schrauben an einen guſseisernen Schuh befestigt, der theils in seiner Verlängerung das Pfannenlager für die Achse der Rolle bildet, theils aber auch an beiden Seiten mit Federn versehn ist. Diese Federn greifen unter die vortretenden Ränder einer guſseisernen Platte, die über der Bekleidung des Thors an die beiden untern Riegel durch Schrauben befestigt ist. Der erwähnte Stiel wird sonach am Thor festgehalten, kann jedoch abwärts bewegt werden, wenn man das Thor durch die Rolle kräftiger unterstützen will. Zu diesem Zweck sind zwei gegen einander gekehrte eiserne Keile zwischen den Kopf des Stiels und jene Mittelwand des obenerwähnten Kastens getrieben. Durch schärferes Eintreiben derselben wird der Druck des Thors gegen die Rolle vermehrt, so wie man auch durch Zurücktreiben der Keile diesen Druck vermindern kann.

Die Rolle, welche in diesem Fall vor dem Thor liegt, konnte bedeutend höher, als der Spielraum unter dem untern Rahm gehalten werden. Ihr mittlerer Theil, der auf der Bahn läuft, bildet einen Cylinder von 20 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Breite. Der

Mantel desselben ist aber nach einer Kugelfläche geformt, damit er bei der Bewegung über die gekrümmte Bahn nicht zu starke Reibung erfährt. An jede Seite der Rolle setzt sich noch ein flacher Kegel an, so dafs die ganze Breite derselben nahe 9 Zoll beträgt. Die Achse besteht aus Stahl, hält 3 Zoll im Durchmesser, und ist in der Rolle festgekeilt. Sie läuft in zwei Pfannen aus Schmiedeeisen, die eben so wie die Pfannendeckel in gewöhnlicher Weise auf den vortretenden Wänden jenes Schuhes befestigt sind, worin der hölzerne Stiel steht.

Zu erwähnen ist noch, dafs der untere Riegel an der Stelle, wo die Rolle sich befindet, anders geformt werden mufste, um für letztere den nöthigen freien Raum zu bilden. Die hölzerne darauf gebolzte Schwelle wurde aber keineswegs in ihrer ganzen Breite durchschnitten, woher der wasserdichte Schlufs des Thors durch die Rolle nicht unterbrochen ist.

Sehr genau dieselbe Einrichtung ist auch bei den Thoren des St. Katharine's Docks gewählt worden, welches unter Telford's Mitwirkung ausgeführt ist. Die Rollen sind hier aber etwas höher, und halten 24 Zoll im Durchmesser.

Bei den Thoren des Docks zu Hull ist die Einrichtung in mancher Beziehung hiervon abweichend. Die Rolle hat nur 12 Zoll Durchmesser und trägt eine starke Eisenstange, die durch mehrere Führungen bis gegen den zweiten Riegel heraufreicht und ist hier als Schraubenspindel bearbeitet, wie Fig. 309*b* zeigt. An dem zweiten und dritten Riegel ist ein gufseiserner Rahmen befestigt, der auf einer starken messingenen Schraubenmutter ruht. Durch Umdrehn der letztern kann man die Rolle in die passende Höhe einstellen.

Sehr nahe stimmt hiermit die Befestigung der Rollen an den Thoren des Docks zu Montrose überein. Die Rollen haben 18 Zoll Durchmesser und sind kegelförmig abgedreht. Sie bestehn aus Gufseisen, ihre Achsen dagegen aus Stahl. Das gufseiserne Pfannenlager trägt eine durch mehrere Führungen gesicherte 3 Zoll starke Stange aus Schmiedeeisen, die oben wieder in eine Schraubenspindel ausläuft. Die Mutter, aus Messing bestehend, lehnt sich oben gegen einen gufseisernen Rahmen, und trägt mittelst desselben das Gewicht des Thors. Der Pfannenträger der Rolle wird aber durch eine gufseiserne Scheibe, unter deren Ränder

er eingreift, in der gehörigen Richtung gegen die Thorfläche gehalten.

Wesentlich verschieden von den beschriebenen Anordnungen zur Unterstützung der Thore durch Rollen sind diejenigen, die man in Liverpool vielfach ausgeführt sieht. Auch hier ist die Rolle am Fufs eines Stiels, auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite des Thors befestigt. Derselbe besteht aus Holz, das Eigenthümliche dabei ist aber, dafs sein Kopf nicht unmittelbar mit den obern Riegeln des Thors verbunden ist, sondern vielmehr mit einem langen gufseisernen Hebel, der bald über dem obern Rahm, bald zwischen demselben und dem ersten Riegel angebracht ist. Auch kommen noch insofern Verschiedenheiten dabei vor, als jener Stiel bald den Stützpunkt des Hebels bildet, also durch das Moment des langen Armes belastet wird, bald aber auch der kurze Hebelsarm diesen Stiel herabdrückt, indem eine kräftige Schraube den langen Arm hebt. Ein Vorzug dieser Einrichtungen gegen die früher beschriebenen liegt darin, dafs der Druck der Schraube im Verhältnifs der Länge der Hebelsarme verstärkt wird, die Schraube also leichter zu bewegen, oder die Rolle bequemer einzustellen ist. Wenn dagegen die Rolle mittelst jenes Baums den Stützpunkt des schweren Hebels bildet, so wird das Thor neben der Schlagsäule durch den kürzern Hebelsarm stets mit einer sich gleich bleibenden Kraft gehoben. Dieses geschieht auch noch, wenn die Bahn, auf der die Rolle läuft, nicht ganz horizontal liegen sollte, die Rolle also bald etwas höher, bald etwas niedriger stände. Man bemerkt leicht, dafs eine solche Gleichmäfsigkeit in der Belastung der Rolle bei den früher beschriebenen Einrichtungen nicht zu erreichen ist, indem dabei der Druck des Thors sich wesentlich vergröfsert, sobald eine Erhöhung in der Bahn stattfindet, und die Rolle auf diese tritt.

Man hat eine ähnliche Einrichtung auch bei den Thoren der in neuerer Zeit erbauten Schleuse des Coburg-Docks angewendet, welches wegen der grofsen Weite der Schleuse und wegen der schweren Thore eine besonders wirksame Unterstützung derselben erforderte. Diese Thore, aus Holz bestehend, sind schon oben (§. 67) beschrieben worden. Die Art, wie die Rollen daran befestigt sind, ist Fig. 333 auf Taf. XLVII dargestellt. *a* zeigt die obere Ansicht des Hebels, *b* die Seitenansicht desselben und seine

Verbindung mit dem Stiel, welcher auf der Rolle aufsteht. Letzteren bemerkt man in Fig. *e*, welche die Fortsetzung von Fig. *b* bildet. Fig. *d* ist die Ansicht dieses Stiels und der Rolle in der Längenrichtung des Thors und *c* ein vertikaler Querschnitt durch die Stütze, welche mit dem kürzern Arm des Hebels verbunden ist.

Man bemerkt zunächst aus Fig. *a*, wie die Krümmung des Thors vortheilhaft benutzt ist, um die Verbindung des Hebels mit der Säule, die auf der Rolle steht, möglichst nahe an die dem Oberwasser zugekehrte Seite des Thors zu bringen. Dasselbe ist auch bei den erwähnten ältern Anordnungen dieser Art an den Liverpooler Schleusen stets der Fall.

Die Rolle, welche das Thor trägt, befindet sich nicht, wie gewöhnlich, möglichst nahe an der Schlagsäule, ist vielmehr noch 11 Fufs davon entfernt, wie Fig. 332 zeigt. Sie verhindert daher nicht nur das Sacken des Thors, sondern entlastet zum Theil auch den Zapfen. Die eigenthümliche Anordnung des letztern soll hierzu Veranlassung gegeben haben.

Der Hebel, aus Gufseisen bestehend, und sowohl in vertikaler, als horizontaler Richtung durch weit vortretende Rippen verstärkt, ist 16½ Fufs lang. Sein kürzerer Arm trägt mittelst einer gufseisernen Stütze, die man Fig. *c* im vertikalen Durchschnitt sieht, das Thor. Diese Stütze ist zwischen die beiden obern Riegel eingeschoben und mittelst Schraubenbolzen daran befestigt. Zwei andre gufseiserne Stützen, die man Fig. *a* im horizontalen Querschnitte sieht, umfassen an zwei Stellen den Hebel und dienen dadurch theils zu seinem Schutz, theils halten sie ihn an seiner Stelle, ohne seine Bewegung in vertikaler Richtung zu verhindern. Im Innern der äufsern Stütze ist der Hebel gabelförmig gespalten, und zwischen seinen beiden Armen ist mittelst zweier darin eingreifender Achsen eine messingne Schraubenmutter befestigt. In letztere greift eine eiserne Schraubenspindel ein, die sonach die Unterstützung des längeren Hebelsarmes bildet. Durch Umdrehn der Spindel kann man jene erste Stütze und mit ihr das ganze Thor so weit heben, als nöthig ist.

Die Länge des kürzern Hebelsarmes beträgt nur 1 Fufs 3 Zoll. Die Drehung des Hebels erfolgt um eine Achse, die sich über dem Stiel, also über der Rolle befindet. Der Kopf des Stiels besteht aus zwei gufseisernen Blöcken, die durch drei gegen einander ge-

triebene Keile unter sich verbunden sind. Eine Kröpfung war hier nicht zu vermeiden, indem der Hebel noch innerhalb der äufsern Thorfläche, die Säule dagegen aufserhalb derselben angebracht werden mufste. Der untere Theil des Kopfes ist gespalten und umfafst die hölzerne Säule, die senkrecht bis zum Fufs des Thors herabreicht. Dieselbe ist 1 Fufs breit, oben 9 Zoll und unten 1 Fufs stark. Sie liegt ihrer ganzen Länge nach frei auf der Fläche des Thors, ohne irgendwo durch einen Bügel. oder auf andre Weise gehalten zu werden. Dieses ist insofern auch nicht nöthig, als ihre beiden Enden sehr sicher befestigt sind, nämlich der Kopf an dem eben beschriebnen langen Hebel, und der Schuh, in welchen sie eingelassen ist, an einem zweiten kürzern Hebel.

Der erwähnte Schuh setzt sich bis zum untern Rande des Thors fort, er ist aber unterhalb der Platte, auf welcher der hölzerne Stiel aufsteht, gespalten, und seine beiden Arme halten die Achse, um welche der letzterwähnte kurze Hebel sich drehn kann. Dieser Hebel ist wieder zweiarmig und sein Stützpunkt ist die Achse der Rolle. Der eine Arm trägt, wie eben beschrieben, den hölzernen Stiel, und der andre, der in einen Cylinder ausläuft, trägt mittelst einer darüber greifenden Pfanne den untern Rahm des Thors. Diese Anordnung ist von der früher beschriebnen wesentlich abweichend, da nur die Hälfte des Drucks, den das Thor ausübt, auf die Säule übertragen wird, die andre Hälfte dagegen unmittelbar den untern Rahm trifft. Ein zweiter Vortheil, der hierdurch erreicht wird, besteht darin, dafs die Rolle mit dem Thor verbunden ist, und keine besondre Befestigung der Säule, oder deren Schuhes gegen das Thor erforderlich wird.

Die Rolle, 2 Fufs hoch, ist eigenthümlich angeordnet, indem sie aus zwei Rollen besteht, die durch eine gemeinschaftliche Achse mit einander verbunden sind. Auf letzterer liegt die Pfanne, die in den erwähnten kurzen Hebel eingelassen ist, und dieser, wieder aus Gufseisen bestehend, ist so hochkantig geformt, dafs ein Durchbiegen desselben nicht besorgt werden kann. Die beiden Rollen sind nicht cylindrisch, sondern kegelförmig abgedreht, und zwar nach der Fläche eines Kegels, dessen Spitze in der Drehungsachse des Thors liegt.

Die Bahnen, auf welchen beide Rollen laufen, sind durch eine nach dem Kreise gebogene sehr schwere Schiene gebildet. Dieselbe

ist 2 Fuſs breit und 6 Zoll hoch. Indem ihre Mitte von den Rollen nicht berührt wird, so konnte sie hier, nämlich in der Rinne zwischen beiden Bahnen durch Bolzen befestigt werden, die man in die Werksteine eingelassen und darin vergossen hatte.

Diese Befestigung der Bahn kann nicht gewählt werden, wenn nur eine Rolle das Thor trägt, die also in der Mittellinie der Schiene läuft. Es bleibt alsdann nur übrig, die Schiene stellenweise zu verbreiten, oder sie mit Lappen zu versehn, in welche die Bolzen eingreifen. Man pflegt alsdann die Lappen abwechselnd an der einen und der andern Seite anzubringen. Jedenfalls muſs aber sowohl auf die sichre Befestigung, als auch auf die genaue Bearbeitung der Schiene groſse Vorsicht verwendet werden, weil ohne dieses die Rolle soviel Widerstand findet, daſs ihr Nutzen fast vereitelt wird. Die Anwendung guſseiserner Bahnen, wie solche in früherer Zeit üblich waren, ist insofern nicht zu empfehlen, als ein Bruch derselben bei starken Erschütterungen, die nicht ganz zu vermeiden sind, besorgt werden muſs.

Endlich hat man in neuster Zeit zuweilen, jedoch wohl nur bei groſsen Schleusenthoren, ein andres Mittel angewendet, um das Sacken derselben zu verhindern. Es besteht darin, daſs man das Thor nicht nur auf der Seite nach dem Oberwasser, sondern auch nach dem Unterwasser mit dichter Bekleidung versieht, und dadurch im Innern einen wasserdicht abgeschlossnen Raum darstellt. Wird derselbe ausgepumpt, so vermindert sich das Gewicht des Thors, und bei der gewöhnlichen Stärke der Riegel und bei hohem Wasserstande vor dem Thor kann das Gewicht leicht so weit vermindert werden, daſs es demjenigen des verdrängten Wassers gleichkommt. Es würde allerdings nicht angemessen sein, das Gewicht des Thors auf diese Art ganz aufzuheben, oder es so zu erleichtern, daſs es aufschwimmt, weil es in diesem Fall das Halsband ausheben könnte, dagegen liegt ohne Zweifel ein groſser Vortheil darin, den Druck des Thors beliebig vermindern zu können, und dadurch sowohl die Bewegung desselben zu erleichtern, als auch dem Sacken vorzubeugen. Man kann aber in der That den Druck des Thors beliebig darstellen, indem man nicht alles Wasser auspumpt, sondern eine angemessne Quantität desselben noch darin läſt. Es darf kaum erwähnt werden, daſs der Wasserdruck, der das Thor aufwärts unterstützt, oder dessen Gewicht

theilweise aufhebt, bei geschlofsnen Thoren allein vom Stande des Oberwassers abhängt, denn nur dieses tritt gegen die untere Fläche des Thors. Der Stand des Unterwassers bedingt dagegen die Reibung zwischen den Thoren und den Wendenischen und Schlagschwellen. Ein Heben der Thore wird demnach weniger zu besorgen sein, wenn das Unterwasser niedrig, als wenn es hoch steht. Das Unterwasser tritt nur gegen die vertikale Fläche des Thors, der Druck des Erstern kann daher das Letztere unmittelbar weder heben, noch senken.

Um den aufwärts gekehrten Druck des Wassers in der beschriebenen Weise zur Unterstützung des Thors zu benutzen, mufs man dafür sorgen, dafs jeder beliebige Wasserstand im Innern sich mit Leichtigkeit darstellen läfst, und dieses geschieht, indem man sowohl eine Pumpe einstellt, die bis zum untern Rahm oder der Bodenplatte herabreicht, als auch in gehöriger Tiefe ein Ventil zum Einlassen des Wassers anbringt, das man beliebig öffnen und wasserdicht schliefsen kann.

Bei dieser Anordnung wird die Bewegung grofser Thore sehr erleichtert, wenn man aber zum jedesmaligen Füllen des Thors trübes Wasser benutzt, wie namentlich bei Dockschleusen kaum zu vermeiden ist, so tritt der Uebelstand ein, dafs die erdigen Theile, die im Wasser schweben, im Thore niederschlagen, und nach und nach in so hohem Grade sich anhäufen, dafs das Thor stärker belastet wird, als wenn es in gewöhnlicher Weise nur mit einer Bekleidung erbaut wäre. Man mufs daher noch dafür sorgen, dafs das Thor von Zeit zu Zeit gereinigt werden kann. Hierzu dienen grofse Einsteige-Oeffnungen ähnlich den Mannlöchern in den Dampfkesseln.

Durch die bisher beschriebenen Vorrichtungen werden die Thore fortwährend und in gleicher Weise unterstützt, mögen sie geöffnet oder geschlossen sein, oder bewegt werden. Bei diesen verschiedenen Zuständen ist indessen die Gefahr des Versackens keineswegs gleich grofs, und im Allgemeinen darf man wohl annehmen, dafs derjenige Zustand in dieser Beziehung am gefährlichsten ist, in welchem das Thor die längste Zeit hindurch sich befindet. Die Formveränderung erfolgt nämlich dadurch, dafs die Verbindung beim Nachgeben einzelner Theile und namentlich beim Eindrücken der Bolzen und Nägel in die berührenden Holzflächen gelockert

wird. Ein Zustand, der nur kurze Zeit anhält, wie das Oeffnen und Schliefsen der Thore, ist demnach, wenn dabei nicht etwa ein heftiges Stofsen oder starkes Biegen eintritt, am wenigsten bedenklich. Viel wichtiger ist es, die Thore in solchen Stellungen, die sie lange Zeit hindurch einnehmen, gehörig zu unterstützen. Wenn die Thore geschlossen und zugleich einem merklichen Wasserdruck ausgesetzt sind, so verhindert schon die hierdurch veranlafste Reibung zwischen dem untern Rahm und der Schlagschwelle das Herabsinken des Thors, und sonach kommt es vorzugsweise nur darauf an, letzteres, wenn es geöffnet ist, noch möglichst sicher zu unterstützen. Dieses Bedürfnifs stellt sich bei solchen Thoren, die nur zur Zeit der höchsten Wasserstände benutzt werden, um so dringender heraus, als sie auch besonders schwer sind, und bei den gewöhnlichen Wasserständen nur zum kleinsten Theile eintauchen, daher beinahe ihr volles Gewicht fast beständig in den Zapfen und Halsbändern hängt.

Eine solche Unterstützung der Thore in den Thornischen ist leicht darzustellen. Am häufigsten versieht man zu diesem Zweck die Schlagsäule an der dem Oberwasser zugekehrten Seite mit einem kurzen, aber starken eisernen Arme, der, wenn das Thor geöffnet ist, über die Mauer tritt. Durch diesen Arm greift eine starke Schraube, die durch Umdrehn fest auf die Mauer der Thorkammer aufgestellt wird. Damit sie aber nicht etwa die Deckplatte sprengt, befestigt man darauf eine starke gufseiserne Scheibe, die mit einer dem Fufs der Schraube entsprechenden Höhlung versehn ist. Man erreicht dadurch noch den Vortheil, dafs das Thor ganz sicher in der Nische gehalten wird. Soll es aber gebraucht und daher geschlossen werden, so mufs zuerst die Schraube mittelst eines kräftigen Schlüssels gelöst werden. Zuweilen läfst man auch an der Schlagsäule die Schraubenspindel bis zum Thorkammerboden herabgehn. Diese Anordnung ist allerdings bedeutend kostbarer in der ersten Anlage und schwieriger in der Unterhaltung, sie gewährt aber den Vortheil, dafs man das geschlofsne Thor eben sowohl, wie das geöffnete unterstützen kann.

In manchen Fällen ist man gezwungen, noch eine andre Art von Unterstützung der Thore anzubringen, wodurch dieselben, wenn sie geschlossen sind, verhindert werden, sich von selbst zu öffnen. Im Allgemeinen wird das geschlofsne Schleusenthor

durch den Wasserdruck sehr sicher in seiner Stellung gehalten, und selbst wenn der Wasserdruck aufhört, oder noch nicht eingetreten ist, fehlt bei der geringen Bewegung des Wasserspiegels in Flüssen und Canälen gemeinhin jede Veranlassung, wodurch die Thore sich von selbst öffnen könnten. Wenn dagegen das Wasser in einem Flufs bis über den Wasserspiegel der nächsten Canalstrecke steigt, so kann das Schleusenthor, welches nach der Canalseite aufschlägt, den Eintritt des Hochwassers in dieselbe nicht verhindern, und öffnet sich. Will man das Hochwasser vom Canal abhalten, so mufs man noch besondre Fluth-Thore (§. 63) anbringen.

Das wiederholte und wegen der damit verbundenen Stöfse höchst nachtheilige Oeffnen und Schliefsen der Thore tritt ein, wenn ein starker Wellenschlag sich bis an die Schleuse erstreckt, und der Wasserstand hinter den Thoren mit demjenigen vor denselben übereinstimmt. Sobald eine Welle gegen die Thore tritt, übt sie auf dieselben einen Druck aus, der ihrer Höhe über dem Binnenwasserstande entspricht, sobald aber unmittelbar darauf die Senkung der Wasserfläche neben den Thoren erfolgt, wobei der Wasserstand an der äufsern Seite niedriger, als an der innern ist, so stellt sich ein Druck in entgegengesetzter Richtung ein. Die Thore werden demnach, und zwar eben sowohl, wenn sie Fluth-, als wenn sie Ebbe-Thore sind, von jeder Welle einmal aufgestofsen und einmal zurückgeworfen. Dabei tritt aber jedesmal Wasser hindurch, so dafs die Niveau-Differenz sich immer ausgleicht, wenn nicht etwa das durch die Schleusenthore begrenzte Bassin eine bedeutende Ausdehnung hat, und sonach dauert in vielen Fällen dieses Schlagen fort, wenn auch das äufsere Wasser schon stark gefallen ist. Man könnte die Thore allerdings leicht dieser Gefahr entziehn, wenn man sie ganz öffnete, alsdann würde aber ihr späteres Schliefsen noch gefährlicher werden. Die Schleusen eines Docks bestehn gemeinhin aus einem einzelnen Haupte, und müssen den Wasserstand der gewöhnlichen Fluth im Dock zurückhalten. Sobald auswärts derselbe Wassersand eingetreten ist, öffnet man die Thore, um die Schiffe aus- und einzulassen, man schliefst sie aber noch während des Hochwassers, damit die Schiffe im Dock flott bleiben. Dieses Schliefsen mufs schon erfolgen, ehe ein starkes Fallen des äufsern Wassers eintritt, weil sonst die Strömung

in der Schleuse so heftig wird, dafs die Thore mit Gewalt zuschlagen. Man ist demnach gezwungen, die Thore schon zu schliefsen, während der Wasserstand an beiden Seiten nahe derselbe ist, und sonach die gegenlaufenden Wellen noch die Thore hin und her stofsen.

Bei Schleusen, die ihrer Lage nach nur selten von starkem Wellenschlage getroffen werden, begnügt man sich, die vortretenden Köpfe der beiden Schlagsäulen zusammenzubinden, oder auch durch Anbringung leichter Absteifungen gegen die Schleusenmauern dieses Oeffnen der Thore zu verhindern. Wenn dagegen häufig ein starker Wellenschlag vor der Schleuse sich bildet, so mufs man schon bei Erbauung derselben für passende und leicht in Wirksamkeit zu setzende Anordnungen dafür sorgen, dafs dieser Gefahr jedesmal schnell und sicher begegnet werden kann. Haken oder Ueberwürfe an den Köpfen der Schlagsäulen, womit man diese mit einander verbindet, sind bei starkem Wellenschlage und an grofsen Thoren nicht als genügend anzusehn, indem letztere dabei noch durchbiegen und beschädigt werden können. Sicherer ist es, wie an der bereits wiederholentlich erwähnten Schleuse in Cherbourg geschehn, Riegel anzubringen, die neben den Rollen, worauf die Thore aufstehn, in eiserne Schuhe im Kammerboden geschoben werden. Die zum Schliefsen der Thore dienenden Ketten können, wenn sie in angemefsner Höhe das Thor fassen, dieses auch sehr sicher an seiner Stelle halten. Aufserdem hat man aber zuweilen zu diesem Zweck noch besondre Arme in den Thornischen angebracht, die sich um senkrechte Achsen, an der der Wendenische gegenüber befindlichen Seite drehn, und wenn sie zurückgeschlagen sind, hinter dem Thor in der Thornische liegen. Sobald man diese vortreten läfst, berühren sie das geschlofsne Thor, und indem sie sich gegen eine darauf befestigte und passend zugeschnittene Bohle fest aufsetzen, halten sie das Thor sehr sicher in seiner Stellung. Minard erwähnt, dafs man bei dieser Einrichtung sogar Ebbethore als Fluththore benutzen und mit denselben einen etwas höhern äufsern Wasserstand von dem Bassin oder Dock abhalten könne. Eine nähere Beschreibung dieser Vorrichtung wird bei Gelegenheit der Hafenbauten gegeben werden.

§. 71.
Oeffnen und Schliessen der Thore.

Unter den Widerständen, welche beim Oeffnen und Schliefsen der Thore überwunden werden müssen, wäre zunächst die Reibung an beiden Zapfen zu erwähnen. Sie wirkt in der Nähe der Drehungsachse und verursacht daher, wenn sie auch an sich bedeutend sein sollte, bei dem langen Hebelsarme, womit die Thore jedesmal gefafst werden, keinen erheblichen Widerstand. Sie ist aber von der Glätte der sich berührenden Flächen und zugleich von der richtigen Stellung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder abhängig. Wenn diese sorgfältig bearbeitet und eingesetzt sind, zugleich auch eine so feste und sichere Lage haben, dafs sie sich nicht verschieben, noch auch bedeutend abnutzen können, so ist die durch sie veranlafste Reibung nicht bedeutend. Das Halsband kann, insofern es stets über Wasser liegt, leicht in gehöriger Schmiere erhalten werden. Beim untern Zapfen und der Pfanne ist dieses nicht der Fall, doch wird, wie bereits erwähnt worden, die Pfanne vor dem Einhängen des Thors mit Seife eingestrichen. Wie gering diese Achsen- und Zapfenreibung bei gewöhnlichen Schleusenthoren ist, ergiebt sich gemeinhin beim Einhängen derselben, bevor die Schleuse mit Wasser gefüllt wird. Man wird oft davon überrascht, welcher geringe Druck gegen die Schlagsäule zur Bewegung des Thors schon genügt. In den Niederlanden wurde früher die Bedingung gestellt, dafs selbst gröfsere Thore mittelst einer Thonpfeife, ohne dafs diese zerbrach, gedreht werden könnten.

Die Reibung der Wendesäule gegen die Wendenische ist wegen der rauhen Oberfläche der letztern viel bedeutender als die Zapfenreibung, doch wird der Widerstand, den sie bei der Bewegung des Thors verursacht, wieder dadurch gemäfsigt, dafs sie am Umfange der Wendesäule, also in geringer Entfernung von der Drehungsachse wirksam ist. Man verhindert sie aber noch häufig durch Versetzung der Drehungsachse, in Folge deren sie nur eintritt, sobald das Thor der Schlagschwelle sich nähert. Aufserdem pflegt stets einiger Spielraum im Halsbande zu bleiben, man läfst

auch wohl absichtlich einen solchen bestehn, und die Folge davon ist, dafs beim Aufhören des Wasserdrucks das Thor etwas überweicht, und dadurch der obere Theil der Wendesäule sich von der Höhlung der Wendenische entfernt. Der untere Theil der Säule bleibt freilich in der Nische, er würde sogar, wenn auch hier ein Spielraum gelassen wäre, sich noch stärker hineindrängen.

Sehr bedeutend wird die Bewegung eines Schleusenthors erschwert, wenn die Drehungsachse nicht in der Richtung des Lothes liegt, alsdann bleibt nämlich der Schwerpunkt des Thors bei dessen verschiedenen Stellungen nicht in gleicher Höhe, und dasselbe mufs bei gewissen Bewegungen gehoben werden. Der gröfste Widerstand, den ein Schleusenthor seiner Bewegung entgegensetzt, rührt von dem Wasser her, welches von der einen Seite fortgedrängt, auf die andre zu fliefsen gezwungen ist, dieser Widerstand ist von der Gröfse des Thors und von der Geschwindigkeit abhängig, womit dasselbe gedreht wird. Man vermindert ihn etwas, wenn man die Schütze während der Drehung geöffnet läfst, doch ist der Erfolg davon meist sehr unerheblich. Wichtiger ist es dagegen, den Thorkammerboden stets möglichst rein zu halten, da die Beweglichkeit des Thors überaus vermindert wird, wenn dasselbe in den flüssigen Schlamm eintaucht.

Das Wasser setzt noch in andrer Beziehung der Bewegung des Thors Widerstand entgegen. Die Thore werden nämlich geöffnet, sobald der Wasserstand an beiden Seiten sich ins Niveau gestellt hat. Die Hebung oder Senkung des Wasserspiegels in der Kammer erfolgt aber keineswegs gleichmäfsig. Sie tritt anfangs so lange die Niveaudifferenz noch bedeutend ist, rasch ein, verzögert sich aber nach und nach und geht endlich, wenn beide Niveaus beinahe in gleicher Höhe sich befinden, nur noch sehr langsam von statten. Man wartet daher gemeinhin den Zeitpunkt dieser vollständigen Ausgleichung nicht ab, und bemüht sich vielmehr, durch verstärkten Zug die Thore schon zu öffnen, während ein Wasserdruck von 1 Zoll oder auch wohl ein höherer noch davor steht.

In einzelnen Fällen, und namentlich bei Dockschleusen, tritt auch beim Schliefsen der Thore ein ähnlicher Druck ein. Wenn nämlich einige Strömung durch die Schleuse geht, so würden die Thore, sich selbst überlassen, heftig zuschlagen und der Gefahr

des Brechens ausgesetzt sein. Um dieses zu verhüten, hält man das Thor zurück, staut dadurch vor demselben das Wasser auf, und veranlafst in gleicher Weise, wie beim zu frühen Oeffnen des Thors einige Niveaudifferenz.

Wenn das Thor auf einer Rolle ruht, so entsteht bei der Drehung noch ein neuer, und oft sehr bedeutender Widerstand aus der Reibung der Rolle. Das ungünstige Verhältnifs des Durchmessers der Achse zu dem der Rolle, wovon schon oben die Rede war, gestattet nicht, diese Reibung auf ein geringes Maafs zurückzuführen, und sie wird vollends noch wesentlich vermehrt, wenn die Bahn an sich uneben oder mit Sand bedeckt ist. Höchst ungünstig ist dabei noch der Umstand, dafs dieser Widerstand gerade am untersten Rande des Thors und sogar noch unter demselben eintritt. Wollte man ihn daher durch einen Zug überwinden, der wie gewöhnlich am Kopf der Schlagsäule angebracht wäre, so würde die Durchbiegung des Thors in höchst bedenklichem Grade eintreten.

Es ergiebt sich aus dieser allgemeinen Betrachtung der Widerstände, welche die Bewegung der Thore erschweren, dafs dieselben bei sorgfältiger Ausführung und Aufstellung der Thore und gehöriger Aufsicht wohl auf ein gewisses Maafs sich beschränken lassen, dafs sie aber dennoch immer bedeutend bleiben und daher, namentlich bei grofsen Thoren, kräftige mechanische Vorrichtungen zu ihrer Ueberwindung nothwendig sind. Dabei ist zu beachten, dafs gemeinhin nur sehr beschränkte Kräfte zur Verfügung stehn, und dennoch immer verlangt wird, dafs das Durchschleusen möglichst beschleunigt werden soll.

Es ist keineswegs zweckmäfsig, den Zug oder Druck, durch welchen das Thor geöffnet und geschlossen wird, auf den Kopf der Schlagsäule wirken zu lassen. Am obern Theil erfährt das Thor, von der geringen Reibung im Halsbande abgesehn, keinen Widerstand. Solcher tritt vorzugsweise unter Wasser ein, und in manchen Fällen bildet sich der stärkste Widerstand gerade in der Nähe des Bodens. Bei kleinen Thoren ist die Verbindung verhältnifsmäfsig viel inniger und fester, als bei gröfsern, woher die Biegung in Folge der verschiedenen Höhen, in welchen Kraft und Last das Thor treffen, in geringerm Maafse eintritt. Man pflegt daher bei solchen die Kraft auf den obern Theil des Thors wirken

zu lassen, wo sie sich am einfachsten anbringen läfst. Bei grofsen Thoren, wie in Seeschleusen und namentlich Dockschleusen wagt man aber nicht, dieses noch zu thun, vielmehr fafst man die Thore in einer den Widerständen entsprechenden Höhe. Auf diese Weise wird das Thor weniger angegriffen, und die jedesmalige Durchbiegung desselben, wenn auch nicht ganz verhindert, doch wesentlich verringert.

Unter den Vorrichtungen, deren man sich zum Drehn der Thore bedient, ist wegen der häufigen Anwendung zunächst der Drehbaum zu erwähnen, von dem bereits die Rede war.

Demnächst ist die Zugstange zu nennen, die besonders in Deutschland und Frankreich vielfach benutzt wird. Sie besteht in einer Stange oder einem schwachen Baume, der mittelst eines Bolzen an den Kopf der Schlagsäule befestigt ist. Indem man von der Schleusenmauer aus die Stange anzieht, so öffnet man das Thor, dasselbe wird aber geschlossen, sobald man sie zurückdrückt. Zur Erleichterung ihres Gebrauchs hat man sie mit verschiedenartigen Nebentheilen und mechanischen Vorrichtungen verbunden. Die einfachste darunter ist ohne Zweifel diejenige, welche man zuweilen noch vorfindet. Die Stange ist nämlich am Ende mit einem Querriegel versehn. um den Zug und Druck etwas bequemer daran ausüben zu können, als wenn man die Stange unmittelbar fassen müfste.

Häufig wird die Zugstange mit einer Winde in Verbindung gesetzt. Man befestigt nämlich ein Tau oder eine Kette. die zwei- oder dreimal um die Winde geschlungen ist, gegen beide Enden der Stange. Indem die Winde nach der einen oder andern Seite gedreht wird, so schliefst oder öffnet sich das Thor. Dabei ist es keineswegs nothwendig, dafs das Tau oder die Kette scharf gespannt ist, wobei die Stange gekrümmt und leicht zerbrechen würde, aber ganz schlaff darf das Tau auch nicht werden, weil in diesem Fall die Spannung in dem nicht angezogenen Theil desselben und damit zugleich die Reibung gegen den Umfang der Winde aufhören könnte, das Tau also darüber fortgleiten würde. Es ist daher angemessen, eine Vorrichtung anzubringen, wodurch die Spannung, soweit solche erforderlich ist, sich immer leicht darstellen läfst. Eine einfache Schraube ist hierzu am meisten geeignet.

Die Winde kann hierbei eben sowohl horizontal, als vertikal aufgestellt sein. Beides kommt häufig vor. Im ersten Fall bedarf man keiner besondern Rolle zur Unterstützung der Stange. Dieselbe liegt entweder auf der Winde, oder hängt darunter. Wenn sie darauf liegt, so erschwert sie den Verkehr auf der Schleusenmauer, andernfalls stellt sich die erforderliche Spannung im Tau leichter dar, aber indem die Stange nur an den Enden unterstützt ist, so biegt sie leicht durch und ist alsdann nicht mehr stark genug, um beim Schliefsen des Thores den erforderlichen Druck auszuüben.

Vortheilhafter ist es, Erdwinden anzubringen. Fig. 334 auf Taf. XLVII zeigt eine solche, und zwar von der Einrichtung, die bei neuern Französischen Canalschleusen häufig vorkommt. Die eiserne Achse derselben, unten etwa zwei Zoll und oben einen Zoll stark, ist in die Mauer befestigt, und darauf hängt die Winde, die gewöhnlich ganz aus Gufseisen besteht. Ihr Kopf, der mit den Oeffnungen zum Einsetzen zweier hölzernen Kreuzarme versehn ist, ist massiv. Der Mantel der Winde mit dem untern Rande hat dagegen nur eine geringe Wandstärke, während zu seiner gehörigen Befestigung unten noch eine ausgedrehte Pfanne eingesetzt ist, welche über die Achse greift. Die Stange mufs noch durch eine horizontale Rolle, die gewöhnlich aus Holz besteht, und 4 Zoll stark und 30 Zoll lang ist, unterstützt werden. Die sonstige Einrichtung und zugleich die oben erwähnte Schraube zum Anspannen des Taues ergiebt sich aus der Figur.

Man pflegt die Zugstange in diesem Fall und eben so auch, wenn sie unter der horizontalen Winde hängt, in der Art zu befestigen, dafs sie stets in horizontaler Lage bleibt. Die Schlagsäule mufs daher oben bis zur Höhe der Rolle neben der Erdwinde verlängert sein. Der Weg, den die Schlagsäule bei der Drehung des Thors beschreibt, fällt nicht in eine gerade Linie, daher verändert sich auch die Richtung des Zuges. Den Punkt, wo die Winde aufzustellen ist, bestimmt man in der Art, dafs man durch die beiden äufsersten Stellungen der Schlagsäule eine gerade Linie, und zu dieser parallel eine zweite zieht, welche die Pfeilhöhe des Bogens, den die Schlagsäule bei ihrer Bewegung beschreibt, halbirt. In diese Linie wird die Winde gestellt.

Die Zugstange wird häufig mit Zähnen versehn, womit sie in ein an der Winde angebrachtes gezahntes Rad eingreift.

Dabei kommen wieder die beiden Fälle vor, dafs die Winde entweder um eine horizontale, oder um eine vertikale Achse sich dreht. Im ersten Fall liegt die Stange auf dem gezahnten Rade, indem ihre Zähne abwärts gekehrt sind, und man braucht alsdann keine weitere Vorrichtung zum Festhalten der Stange, als dafs das gezahnte Rad an beiden Seiten mit vorstehenden Rändern versehn ist. Die Zähne dürfen jedoch nicht scharf schliefsend bearbeitet sein, da die gezahnte Stange ihre Richtung etwas verändert.

Steht die Winde senkrecht und greift die Stange seitwärts in das gezahnte Rad ein, so mufs die Zugstange noch an der hintern Seite so gestützt werden, dafs die Zähne bei allen verschiedenen Richtungen der Zugstange gehörig in einander greifen. Dieses geschieht mittelst der Fig. 335 auf Taf. XLVIII dargestellten Anordnung. An die Achse, an welcher das gezahnte Rad sich befindet, sind zwei mit einander verbundene dreiseitige Scheiben befestigt, die gleichfalls um diese Achse, soweit die Zugstange ihre Richtung ändert, sich drehn können. Zwei Rollen stützen die Zugstange an ihre hintern Fläche, und verhindern ihre Entfernung vom gezahnten Rade. Fig. *a* zeigt die Ansicht von oben und *b* von der Seite. Die vertikale Achse, welche entweder unmittelbar durch Hebelsarme, oder mittelst einer Kurbel und zwei konischer Räder gedreht wird, steht unten in einer Pfanne, und wird oben durch ein Achsenlager gehalten, welches auf drei unter sich verbundenen eisernen Füfsen ruht. Letztere sind in den Figuren nicht angegeben. An die Achse ist das gezahnte Rad befestigt, welches in die Zähne der Zugstange eingreift, damit diese aber nicht auf der untern Scheibe schleift, ist sie daneben durch eine horizontale Rolle unterstützt, und liegt zwischen beiden Scheiben, ohne dieselben zu berühren. Die Scheiben sind, wie die Figuren zeigen durch drei Riegel unter sich verbunden und liegen auf einer Verstärkung der Achse auf. Die beiden Rollen, welche bei allen Richtungen der Zugstange ein gleichmäfsiges Eingreifen der Zähne veranlassen, indem sie eine entsprechende Drehung der Scheiben bewirken, sind an beiden äufsern Enden der Scheiben zwischen dieselben eingesetzt.

Gewöhnlich besteht eine solche gezahnte Zugstange aus einer starken hölzernen Latte, auf welche eine Schiene aus Schmiedeeisen mit den daran eingefeilten oder eingefrästen Zähnen mit

Schrauben befestigt ist. Bei den in der Nähe von Saarbrücken an der Saar, sowie auch bei den am Ihle-Canal ausgeführten Schleusen bestehn diese Zugstangen dagegen aus Gufseisen. Für jeden Canal ist ein sauberes Modell solcher Stange in Schmiedeeisen ausgearbeitet, und hiernach erfolgt der Gufs. der wegen des Wegfalls der Modellkasten sehr wohlfeil ist. Man sorgt aber dafür, dafs jederzeit Reserve-Stücke vorhanden sind, damit bei einem zufälligen Bruch der Schaden sogleich ersetzt werden kann. Die Erfahrung hat ergeben, dafs die Gefahr eines Bruchs keineswegs erheblich ist.

Zuweilen und namentlich, wenn Brücken über ein Schleusenhaupt führen, fehlt daneben der nöthige Raum, um die Stange, wenn das Thor geöffnet ist, frei zurücktreten zu lassen. Man pflegt alsdann einen gufseisernen Quadrant, der an der äufsern Seite mit Zähnen versehn ist, an den obern Rahm zu befestigen. Derselbe liegt unter oder über der Mauer, und wird durch ein gezahntes Getriebe gefafst. Man darf indessen diesen Quadrant nicht in seiner ganzen Länge mittelst speichenartiger Arme an das Thor befestigen, wenn er, wie gewöhnlich, unter die Mauer tritt, weil sonst der Canal, der ihn aufnimmt; eine zu grosse Breite erhalten müfste. Nichts desto weniger pflegt man doch in der Nähe des Thors ihn mit einem gekrümmten und daran angezogenen Arm zu versehn, um wenigstens hier die Gefahr eines Bruchs zu beseitigen. Indem diese Quadranten gemeinhin, eben wegen des fehlenden Raums, mit einem Radius beschrieben sind, der kaum der halben Breite des Thors gleichkommt, so ist eine bedeutend gröfsere Kraft erforderlich, als bei den vorher beschriebenen Vorrichtungen. Es bleibt meist nur übrig, die Kraft durch ein gezahntes Rad mit Getriebe zu verstärken, von denen letzteres durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt wird. Zur Verbindung dieser Kurbel mit der Achse des Getriebes sind noch zwei in einander greifende conische Räder erforderlich.

Bei der Schleuse zu Villemur am Tarn ist auf dem Thorkammerboden ein gufseiserner Quadrant befestigt, der an der hohlen Seite mit Zähnen versehn ist. Diese greifen in ein Getriebe, dessen eiserne Achse längs der dem Oberwasser zugekehrten Seite der Schlagsäule herabreicht, und oben mit einer Kurbel versehn ist. Der Arbeiter, der das Thor öffnet, oder schliefst, steht auf der Laufbrücke. Bei dieser Anordnung tritt kein Theil der-

selben über die Schleusenmauer, sie läfst sich daher, wie sehr auch der Raum neben der Schleuse beschränkt sein mag, immer anbringen.

Der Druck, den man mittelst der Zugstange auf das Thor ausüben mufs, um dasselbe zu schliefsen, läfst sich in einen Zug verwandeln, wenn man ein zweites Tau gegen die andre Seite der Schlagsäule befestigt, und dieses zum Zurückziehn des Thors benutzt, sobald es geschlossen werden soll. In dieser Weise mufs jedes Thor mit zwei Tauen versehn sein, die beim Gebrauch der Schleuse abwechselnd angezogen werden. Diese Einrichtung, wobei die steife Zugstange ganz entbehrlich wird, soll nach Minard's Mittheilung zuweilen bei kleinern Französischen Schleusen vorkommen, sie ist bei den grofsen Schleusen für Seeschiffe allgemein üblich, doch wird alsdann der Zug nicht mittelst Tauen, sondern durch starke und schwere Ketten ausgeübt. In dem einen, wie im andern Fall dürfen aber die Taue oder Ketten, um die Schleuse nicht zu sperren, nicht an die Köpfe der Schlagsäulen befestigt werden müssen, vielmehr beim Durchgang der Schiffe flach auf dem Boden liegen. Die Ketten fassen alsdann unter Wasser das Thor und zwar möglichst in der Höhe des Mittelpunkts des Drucks, und die Winden, mittelst deren man sie anzieht, befinden sich in gleicher Höhe.

Bei dieser Anordnung müssen für jeden Thorflügel zwei Winden eingerichtet werden, es gehören also zu einem Paar Stemmthore vier solche und dieselben sind um so kostbarer, als sie tief herabreichen und jede einzelne mit einer schweren Kette versehn sein mufs. Man erreicht dabei aber wesentliche Vortheile sowohl in Betreff der zweckmäfsigern Behandlung der Thore, als auch dadurch, dafs man eine viel stärkere Kraft beim Oeffnen und Schliefsen anwenden, und demnach um so leichter geringe Niveau-Differenzen und schwache Strömungen überwinden kann. Auch das Schliefsen der Thore, wenn der Strom dieselben fafst und sie heftig zuzuschlagen droht, läfst sich durch Zurückhalten der aufwärts gekehrten Kette noch sanft ausführen und überhaupt zeichnet sich die ganze Handhabung der Thore in diesem Fall durch grofse Sicherheit aus.

Fig. 336 auf Taf. XLVIII zeigt diese Anordnung im Grundrifs. Es ist dabei angenommen, dafs die Thore nicht eben, sondern nach einer cylindrischen Fläche gekrümmt sind, auch durch Rollen

unterstützt werden, die auf kreisförmigen Bahnen laufen. Das eine Thor ist geöffnet, das andre geschlossen dargestellt. Von jeder Seite jeder Schlagsäule führt die Kette nach der zugehörigen Winde. Die beiden Winden an der rechten Seite sind vollständig aufgestellt, und mit den Hebeln versehn, die beiden an der linken Seite sieht man dagegen in ihrer untern Zusammensetzung, indem die Mauer horizontal durchschnitten gedacht ist. Man bemerkt hier die gemauerten Brunnen, worin die Winden stehn, und zugleich die eisernen Trommeln am Fufs der letztern, worauf die Ketten sich aufwinden. Die Canäle, in denen die Ketten nach der Schleusenkammer geführt sind, giebt die Figur durch die punktirten Linien an.

Zunächst mufs einem Bedenken begegnet werden, welches man gegen diese Anordnung leicht erheben könnte. Indem nämlich die beiden Ketten, welche an den, dem Unterwasser zugekehrten Seiten der Thore befestigt sind, beim Oeffnen der letztern quer durch die Schleuse laufen, so liegt die Vermuthung nahe, dafs dieselben den Durchgang der Schiffe hindern. Es ist freilich bereits erwähnt, dafs man sie schlaff herabhängen und auf den Boden fallen läfst, aber auch in diesem Fall würden sie, wenn der Drempel nicht vielleicht deshalb schon tiefer gelegt wäre, hinderlich sein. Es mufs indessen daran erinnert werden, dafs es sich hier um Schleusen für Seeschiffe handelt, die keinen flachen Boden haben, und wenn sie zuweilen auch nicht besonders scharf gebaut sind, dennoch stets in der untern Fläche etwas gekrümmt sind, gegen welche noch der Kiel wenigstens einige Zoll vorsteht. Die Ketten sind hiernach nicht hinderlich, wenn sie nicht gerade in der Mittellinie der Schleuse auf dem Drempel aufliegen. Dieser Fall kann aber, wenn die Ketten gehörig nachgelassen werden, in der Wirklichkeit nicht vorkommen. Wenn z. B. das in Fig. 336 als geschlossen dargestellte Thor geöffnet wird, so bleibt die Kette, mit der es geschlossen wurde, nicht in der Richtung liegen, welche die Figur angiebt. Die Schlagsäule entfernt sich bei der Drehung des Thors aus dieser Richtung und zieht die Kette hinter sich über die Spitze des Drempels herüber, so dafs auf dem letztern der Weg für den Kiel frei wird.

Früher pflegte man die Kette an den Fufs der Schlagsäule zu befestigen, auch die Winde in dieselbe Höhe zu stellen, so dafs die Kette, wenn sie gespannt war, nahe über dem Boden schwebte.

Diese Anordnung rechtfertigt sich auch, so lange die Rollen unter den Thoren sehr niedrig waren, also eine starke Reibung verursachten, welche durch die mangelhafte Ausführung der Rolle, wie der Bahn noch vermehrt wurde. Diese Reibung setzte der Bewegung des Thors den gröfsten Widerstand entgegen, und es war daher zweckmäfsig, die Ketten nahe in der Höhe der Rollen wirken zu lassen.

Durch Vergröfserung des Durchmessers und sorgfältigere Bearbeitung der Rolle ist diese Reibung wesentlich vermindert. Der bei der Bewegung der Thore zu überwindende Widerstand wird daher vorzugsweise durch das Wasser verursacht, welches beim beim ersten Anziehn des geschlossnen Thors gewöhnlich noch nicht vollständig sich ins Niveau gesetzt hat, und daher aufser dem hydraulischen Druck auch einen mehr oder weniger starken hydrootatischen veranlafst. Hiernach rechtfertigt es sich, die Kette und Winde in gröfsere Höhe zu versetzen.

Den Kettencanal läfst man häufig nach der Winde ansteigen, um dadurch theils die Ausführung des Brunnens, indem er an Tiefe verliert, zu erleichtern, theils aber auch, um die Winde in gröfsere Höhe zu bringen, so dafs sie bequem unter steter Aufsicht erhalten, und bei etwa vorkommenden Beschädigungen leichter in Stand gesetzt werden kann. Dazu kommt noch, dafs die Kette sich beim Zurückdrehn der Winde besser auszieht, und sicherer auf den Schleusenboden herabfällt, wenn die Sohle des Kettencanals nach der Schleuse hin abfällt. Eine geringe Neigung der Sohle, etwa von der Gröfse, wie Fig. 337 zeigt, gewährt schon den Vortheil, dafs man die Kette durch keine horizontale Rolle unterstützen darf, was bei horizontaler Richtung des Canals an dessen Mündung nothwendig ist. Man bemerkt in der Figur, dafs die Kette, wenn sie gespannt wird, die Decke des Canals noch nicht berührt.

Giebt man dagegen dem Canal eine noch stärkere Neigung, die häufig bis zu 45 Graden und selbst darüber ausgedehnt wird, so wird zwar der Vortheil in Bezug auf die höhere Stellung der Winde viel vollständiger erreicht, aber die Kette ändert, wenn sie gespannt ist, zweimal ihre Richtung zwischen der Winde und dem Thor. Man mufs daher in diesem Fall unter der Decke des Canals, und zwar in der Mündung desselben eine Rolle anbringen,

und eine zweite dicht vor der Winde über der Sohle. Die Kette wird unter der ersten und über der zweiten fortgezogen.

Die erwähnten Rollen sind meist so lang, dafs sie die ganze Breite des Ketten-Canals einnehmen. Ihre Stärke beträgt 4 bis 6 Zoll. und sie sind an beiden Enden mit weit vortretenden Rändern versehn, damit die Kette stets sicher gefafst und darauf gehalten wird. Sie bestehn aus Gufseisen. Häufig sieht man in den Mündungen der Ketten-Canäle auch noch vertikale Rollen angebracht, die gewöhnlich hinter der horizontalen, und zwar neben den beiden Seitenwänden stehn. Dieselben sind nothwendig, wenn die gespannte Kette während der Drehung des Thors diese Seitenwände berühren würde. In diesem Fall werden aber die vortretenden Ränder an der horizontalen Rolle entbehrlich, und alle drei Rollen verwandeln sich in einfache Cylinder.

Zuweilen, wie zum Beispiel bei den Docks in Shernefs, dienen zum Oeffnen der § 68 beschriebnen Thore nicht vertikale, sondern horizontale Winden. Die Thore werden in der Höhe von 11½ Fufs über ihren untern Rändern gefafst, und in gleicher Höhe liegen die 3 Fufs weiten und eben so hohen Ketten-Canäle, welche horizontal in die Mauer treten. An der Mündung jedes Canals sind drei gufseiserne Rollen ohne vortretende Ränder angebracht. Sie halten sämmtlich 1 Fufs im Durchmesser. Die horizontale Rolle, auf der die Kette aufliegt, ist 2 Fufs lang, und die beiden dicht dahinter stehenden vertikalen sind 1½ Fufs hoch. Der freie Zwischenraum zwischen den Letztern beträgt nur 6 Zoll. Am Ende des Canals befindet sich die Trommel, auf welche die Kette sich aufrollt. Sie hält 15 Zoll im Durchmesser, und ist mit einem konischen Rade von 3½ Fufs Durchmesser verbunden. In dieses greift ein Getriebe von 1 Fufs Durchmesser, und die Achse desselben, von 20 Fufs Länge, ist über der Mauer mit einer dreifüfsigen gufseisernen Scheibe versehn, worin acht Hebel eingesetzt werden können. Die Achse der letzten Winde, oder die des Getriebes besteht aber aus zwei Theilen, welche mittelst einer Kuppelung verbunden sind und durch eine Hebel-Vorrichtung von einander getrennt werden können. Auf diese Weise darf man die Erdwinde nicht zurückdrehn, wenn das Thor sich entfernt, die Kette zieht sich vielmehr von selbst aus.

In Betreff der Ketten-Canäle wäre ferner zu erwähnen, dafs

ihre Ausführung sehr erleichtert und Beschädigungen durch das Schleifen der Kette dabei verhindert werden, wenn man sie durch eingemauerte gufseiserne Röhren ersetzt. Dieses ist z. B. beim St. Katharine's Dock bei London geschehn. Die Röhre hält 2 Fufs im Durchmesser, und ist nahe 30 Fufs lang. Sie besteht aus vier Theilen, die in den vorstehenden Rändern durch Schraubenbolzen verbunden sind. Sie steigt unter einem Winkel von etwa 70 Graden gegen den Horizont auf. Um das Schleifen der Kette gegen die Decke der Mündung zu verhindern, ist in die angemessne Erweiterung derselben eine horizontale Rolle von 1 Fufs Durchmesser eingesetzt, und zwei senkrechte Rollen verhindern das Schleifen zur Seite und sichern zugleich die Kette gegen ein Herabgleiten von der Rolle. Die Winde dreht sich auch hier um eine horizontale Achse.

Zuweilen bringt man die beiden Winden, welche zu demselben Thorflügel gehören, in verschiednen Höhen an, indem entweder die zugehörigen Ketten-Canäle verschiedene Neigungen erhalten, oder ihre Mündungen gleichfalls in verschiednen Höhen liegen. Eine solche Anordnung erscheint auch gerechtfertigt, insofern zum Oeffnen und Schliefsen des Thors nicht dieselbe Kraft in Anwendung gebracht wird. Die Winde, mittelst deren man das Thor öffnet, mufs so stark sein, dafs man damit einigen Wasserdruck überwinden, also das Thor schon öffnen kann, bevor der Wasserspiegel auf beiden Seiten gleiche Höhe erreicht hat. Eben so wird diese Winde auch in Anspruch genommen, wenn man das Thor eines Docks schliefsen mufs, während schon einige Strömung hindurchgeht, die also das Thor heftig zuschlagen würde, wenn man nicht durch scharfes Anziehn der Gegenkette die Bewegung mäfsigte. Beide Veranlassungen zu solchem kräftigen Anziehn der Ketten kommen bei denjenigen Winden nicht vor, mittelst deren die Thore geschlossen werden. Es ist daher nur für die ersten beiden Winden, die an der Thorkammer stehn, nothwendig, solche Anordnungen zu wählen, welche den kräftigsten Zug gestatten, wobei also Reibungen möglichst vermieden und die Thore zugleich in derjenigen Höhe gefafst werden, in welcher der Mittelpunkt des Widerstandes liegt. Die Mündungen der Ketten-Canäle müssen daher in grofser Tiefe angebracht werden, während die Canäle selbst keine starke Neigung erhalten dürfen. Für die andern beiden Winden, die hinter dem

Drempel stehn, gelten dagegen nicht mehr diese Bedingungen. Indem der Zug, den sie ausüben sollen, weniger stark ist, so kommt es nicht darauf an, ob das Thor etwas ungünstiger gefafst, und ihre Kraft durch die Führung der Kette über eine oder zwei Rollen etwas gemäfsigt wird. Die Wohlfeilheit der Anlage und die Bequemlichkeit der Aufstellung der Winden darf daher hier schon mehr berücksichtigt werden.

Was die Einrichtung der Winden betrifft, so wählt man häufig und namentlich bei Thoren von mäfsigen Dimensionen die einfache Erdwinde, wobei nämlich die Kette sich auf den Fufs derselben Säule aufwindet, deren Kopf durch die Hebel unmittelbar gedreht wird. Auch ist es nicht ungewöhnlich, dafs in diesem Fall die Säule aus Holz besteht, und nur an der Stelle, wo die Kette sich auflegt, mit Eisen bekleidet ist, oder hier eine eiserne Trommel trägt. Sicherer ist es indessen, die ganze Maschine, mit Ausnahme der Hebel, aus Eisen darzustellen. Dieses geschieht auch gewöhnlich, und bei gröfsern Thoren wird zur Verstärkung der Winde dieselbe noch mit einem Vorgelege versehn.

Fig. 337 zeigt eine Winde dieser Art, nebst dem Brunnen, worin sie aufgestellt ist. Die Anordnung ist diejenige, welche Telford bei den Schleusen des Caledonischen Canals wählte. Die Trommel, um welche die Kette sich aufwindet, besteht aus einem 3 Fufs hohen Kegel, der unten 15 Zoll, oben 8 Zoll im Durchmesser hält, an den sich aber unten noch ein flacher Rand von nahe 3 Fufs Durchmesser anschliefst. Letzterer hat den Zweck, die Kette sicher auf die Trommel zu führen. Die Trommel nebst diesem untern Rande ist in einem Stück und zwar hohl gegossen. Ihre Achse von quadratischem Querschnitt, und zwar 4 Zoll in der Seite haltend, besteht aus gewalztem Eisen und greift durch die quadratischen Oeffnungen, womit die Trommel sowohl oben als unten versehn ist. Der untere Zapfen steht in einer gufseisernen Pfanne, die in die Sohle des Brunnens eingelassen ist. Diese Pfanne wird noch durch einen eisernen Ring umgeben, der wohl nur den Zweck hat, ein Abschleifen der Steine durch die Kette neben der Trommel zu verhindern, wodurch möglicher Weise die Kette, statt auf die Trommel sich zu legen, unter dieselbe gezogen werden könnte. Der Hals der erwähnten Achse ist cylindrisch abgedreht. Er liegt in einer Pfanne zur Seite einer gufseisernen,

mit Verstärkungsrippen versehenen Platte, welche den Brunnen überspannt. Diese Platte ruht mit beiden Enden auf den vortretenden Rändern gufseiserner Bogenstücke, die beim Aufmauern des Brunnens in der Wand desselben befestigt sind. Die Verbindung zwischen diesen Rändern und der Platte ist durch Schraubenbolzen dargestellt.

Ueber der erwähnten Platte trägt der Kopf der Trommel-Achse ein gezahntes Rad von 2 Fufs 9 Zoll Durchmesser, das in ein Getriebe von 9 Zoll Durchmesser eingreift. Indem die Achse des Brunnens zwischen die Achse des Rades und Getriebes fällt, so wird nicht nur die Aufstellung der ganzen Maschine in dem beschränkten Raum des Brunnens möglich, sondern man gewinnt dabei auch den Vortheil, dass die Trommel etwas näher an den Ketten-Canal rückt, und dagegen die andre Achse, welche die der Erdwinde ist, sich etwas vom Rande der Schleusenmauer entfernt, und dadurch die Anwendung längerer Hebelsarme ermöglicht.

Die letzte Achse besteht eben so, wie die erste, aus gewalztem Eisen, sie ist $3\frac{1}{2}$ Zoll stark. Die Pfanne, worin ihr Fufs aufsteht, ist in demselben Querriegel befestigt, der die erste Achse hält. Ihr oberes Ende greift durch eine der beiden gufseisernen Platten hindurch, welche die Oeffnung des Brunnens schliefsen. Eine cylindrisch ausgedrehte, mit verstärktem Rande versehene Oeffnung in dieser Platte umfafst den verstärkten und gleichfalls cylindrisch geformten Hals der Achse des Getriebes.

Diese Achse setzt sich noch gegen 3 Fufs über die Platte oder die Schleusenmauer fort, und trägt am Ende eine gufseiserne Scheibe, worin vier etwas ansteigende Röhren angebracht sind. In letztere werden die Hebel, mittelst deren man die Winde in Bewegung setzt, eingesteckt. Diese Scheibe ist Fig. 338 noch besonders, und zwar *a* in der Ansicht von oben, und *b* im senkrechten Durchschnitt dargestellt. Sie ist aufser den vier erwähnten, noch mit vier andern mehr senkrecht gerichteten Röhren von gleicher Weite versehn. In diese stellt man jene Hebel, wenn die Winde nicht gebraucht wird. Sie bilden alsdann einen pyramidalen Aufsatz über der Scheibe, und indem sie seitwärts nicht vortreten, so verursachen sie auch keine Behinderung der Passage auf der Schleusenmauer. In Fig. 337 sieht man einen Hebel aufrecht eingestellt, während gegenüber ein zweiter in die horizontale Röhre eingesetzt ist.

Schliefslich mufs noch erwähnt werden, dafs der Wasserdruck, den man in Seehäfen schon vielfach zur Bewegung von Krahnen benutzt, auch bei den Schleusen, und zwar zum Oeffnen und Schliefsen grofser Thore, Anwendung gefunden hat. Namentlich ist dieses in dem neuern Hafen Great-Grimsby, Hull gegenüber, geschehn. Eine Dampfmaschine hebt das Wasser aus einem in der Nähe angebohrten Quell in ein Bassin auf einem etwa 100 Fufs hohen Thurm, und indem der Druck desselben noch durch Accumulatoren verstärkt ist, so verrichtet dieser Druck verschiedne Dienste, um ohne Anwendung von Menschenkraft den Verkehr zu erleichtern.

Sobald ein Packetboot ankommt, das gemeinhin die Schleuse gar nicht passirt, sondern im Vorhafen anlegt, so senkt sich eine grofse Plattform bis zum Schiffe herab. Die Passagiere treten darauf, sowie auch das Gepäck schnell dahin gebracht wird, und nunmehr wird man bis zur Hafenmauer gehoben. Demnächst werden eine Anzahl Krahne auf gleiche Art zum Laden und Löschen in Bewegung gesetzt, auch eine Scheibe in der Eisenbahn steigt mit dem darauf geschobnen beladnen Kohlenwagen etwa 20 Fufs hoch bis zum Niveau der hier in normaler Richtung abgehenden Kohlenbahn, und dreht sich dabei zugleich so weit, dafs der Wagen auf der letztern unmittelbar fortgezogen werden kann.

Zwei Schleusen, eine von 70 und die andre von 45 Fufs Weite, bilden den Eingang zum Dock. Das Oeffnen und Schliefsen der Thore geschieht, in gleicher Weise wie sonst bei Englischen grofsen Schleusen durch Anziehn von Ketten, die sich aber nicht um Trommeln im untern Theile des Schachtes aufwinden, vielmehr befindet sich jede solche Trommel auf der Schleusenmauer, indem die Kette aus dem Schacht herauf geführt ist. Hier liegt auch der Cylinder, in welchem das Wasser unter starkem Druck eintritt. Es füllt den Raum zwischen dem Kolben und den Deckel, durch welchen mittelst einer Stopfbüchse die Kolbenstange geführt ist. Am Ende der letzteren ist eine Vaucansonsche Kette befestigt, die zunächst über eine Leitrolle gezogen ist und beim Rückgange ein mit passenden Daumen versehenes Rad in Bewegung setzt. Dieses dreht mittelst zweier conischen Räder die Trommel, um welche sich die vom Thor ausgehende Kette aufwindet. Es bedarf also nur des Oeffnens eines Hafens, um das Thor zu öffnen. Soll das-

selbe aber wieder geschlossen werden, so wird die von der andern Seite des Thors ausgehende Kette in gleicher Weise in Bewegung gesetzt, und indem sie dabei die erste Kette auszieht, so stellt sich der ganze Apparat mit Einschluſs des Kolbens wieder so, daſs er beim Durchgange des nächsten Schiffes ohne Weiteres in Thätigkeit gesetzt werden kann.

Diese Benutzung des Wasserdrucks beschränkt sich aber nicht nur auf das Drehn der Thore, sondern in derselben Weise werden auch die Schütze in den Umläufen gehoben, die demnächst von selbst herabfallen. Zwei Arbeiter, invalide Seeleute, von denen jeder auf einer Seite der Schleuse sich befindet, genügen also, um die Kammer zu füllen und zu leeren, und um die Thore zu öffnen und zu schlieſsen, und zwar geschieht dieses in kürzerer Zeit, als bei der gewöhnlichen Bewegung der Schütze und Thore durch Menschen.

Schluſs des XI. Capitels im vierten und letzten Bande des zweiten Theils.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

Handbuch

der

Wasserbaukunst

von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Zweiter Theil:

Die Ströme.

Vierter Band mit 10 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Uferschälungen, Strombauten

und

Schiffahrts-Canäle.

Von

G. Hagen.

Dritte neu bearbeitete Auflage.

Vierter Band.

Mit einem Atlas von 10 Kupfertafeln.

Berlin 1874.
Verlag von Ernst & Korn.
(Gropius'sche Buch- und Kunsthandlung.)

Inhalts-Verzeichnifs

des vierten Bandes.

Seite

Abschnitt XI.

Schiffsschleusen (Fortsetzung) 1

§. 72. Füllen und Leeren der Kammern 3

§. 73. Nebentheile der Schleusen 37

Abschnitt XII.

Eigenthümliche Schiffsschleusen . . . 49

§. 74. Schiffsschleusen mit Spülthoren 51

§. 75. Schiffsschleusen mit Seitenbassins 79

§. 76. Senkrechtes Heben der Schiffe 93

§. 77. Geneigte Ebnen 104

§. 78. Der Oberländische Canal 129

§. 79. Klapp-Schleusen 146

Abschnitt XIII.

Schiffahrts-Canäle 153

§. 80. Anordnung der Canäle 155

§. 81. Wasserbedarf der Canäle 163

§. 82. Wahl der Canallinie 181

§. 83. Querprofile der Canäle 195

Seite

§. 84. Speisung und Entlastung der Canäle 208
§. 85. Speisebassins 228
§. 86. Erdarbeiten 253
§. 87. Einschnitte und Dammschüttungen 266
§. 88. Dichtung der Canäle 293
§. 89. Unterirdische Canalstrecken 309
§. 90. Durchlässe und Brückencanäle 337

Abschnitt XIV.

Eindeichungen 361

§. 91. Anordnung der Deiche 363
§. 92. Ausführung der Deiche 380
§. 93. Entwässerung der Polder 383
§. 94. Unterhaltung der Deiche 397

Elfter Abschnitt.

Schiffsschleusen.

Fortsetzung.

§. 72.

Füllen und Leeren der Kammern.

Zum Füllen und Leeren der Kammern der Schleusen müssen gewisse leicht zu schliefsende Oeffnungen angebracht werden, mittelst deren man beliebig die Verbindung mit dem Ober- und dem Unterwasser darstellen und dadurch den Wasserstand in der Kammer bis zu jenem heben, oder bis zu diesem senken kann. Am häufigsten werden diese Oeffnungen in den Thoren angebracht, dabei tritt aber der Uebelstand ein, dafs die Verbindung der Thore leicht beeinträchtigt wird, besonders wenn die Oeffnungen, um das Durchleusen möglichst zu beschleunigen, einen grofsen Querschnitt erhalten. Aufserdem kann bei hohem Oberboden das über denselben stürzende Wasser in die Schiffe fliefsen, welche in der Kammer liegen, und endlich ist dieser freie Sturz des Wassers auch insofern nachtheilig, als die betreffende Fallhöhe für die Geschwindigkeit in der Durchfluſs-Oeffnung verloren wird, und die in jeder Secunde eintretende Wassermenge nicht so grofs ist, als sie bei gleicher Oeffnung sein würde, wenn die ganze Niveaudifferenz zwischen dem Oberwasser und dem Wasserspiegel in der Kammer die Druckhöhe bildete. Die beiden letzten Uebelstände lassen sich freilich vermeiden, wenn man, wie bei den Amerikanischen Canalschleusen wirklich geschieht, den Oberdrempel in die Höhe des Unterdrempels legt (Fig. 265 *b*), und die Oeffnungen in den Oberthoren bis unter das Unterwasser senkt. Diese Anordnung bedingt aber eine tiefere Fundirung des Oberhauptes, und ist bei solider Construction in der Ausführung theurer, als wenn man den höheren Oberboden beibehält.

Man beseitigt diese Bedenken vollständig, wenn man statt der Oeffnungen in den Thoren, zur Seite der letzteren in den Mauern Canäle, oder sogenannte Umläufe darstellt. Die Schwächung der Thore wird dabei ganz umgangen, und indem die obere Mündung eines Umlaufs im Oberhaupt dicht über dem Oberboden, seine untere Mündung aber dicht über dem Unterboden liegt, so tritt das Wasser in die Kammer so tief ein, dafs die Gefahr des Anfüllens der Schiffe verschwindet. Die Geschwindigkeit in den Umläufen ist auch durch die ganze Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt, also möglichst grofs, und hierzu kommt noch, dafs man ohne Nachtheil den Umläufen einen grofsen Querschnitt geben, und dadurch gleichfalls die Zeit des Anfüllens oder Leerens der Kammer abkürzen kann.

Es ergiebt sich aus Vorstehendem, dafs die Vorzüge, welche die Umläufe vor den Oeffnungen in den Thoren haben, in den Oberhäuptern bedeutender sind, als in den Unterhäuptern. Sie werden daher auch häufiger in jenen, als in diesen angebracht.

Diese Oeffnungen sowohl in den Thoren, als auch in den Mauern und Wänden werden beim Durchgange von Schiffen in Wirksamkeit gesetzt, wenn das Wasser an der einen Seite derselben höher steht als an der andern, und das Wasser fliefst so lange hindurch, bis auf beiden Seiten dasselbe Niveau dargestellt ist. Man öffnet sie daher, während der Wasserdruck stattfindet, und schliefst sie, sobald der Druck aufgehört hat. Beim Oeffnen mufs sonach nicht nur das Gewicht des Schützes, oder derjenigen Einrichtung, die man sonst gewählt hat, sondern auch die Reibung, die aus dem Druck des Wassers entsteht, überwunden werden. Letztere verschwindet aber beim Ausgleichen der beiderseitigen Wasserstände, und es ist sonach zum Schliefsen der Schütze keine Kraft erforderlich, wenn dieselben so schwer sind, dafs sie von selbst herabfallen. Hieraus ergiebt sich, dafs man gewöhnlich der mechanischen Vorrichtung nur zum Heben des Schützes bedarf, beim Herablassen desselben aber darauf Rücksicht zu nehmen ist, dafs es nicht zu heftig auf die Schwelle stürzt.

Es kommen indessen Fälle vor, wobei das Schütz, ehe die beiderseitigen Wasserstände gleiche Höhe haben, geschlossen werden mufs, und alsdann kann leicht die Reibung in Folge des noch stattfindenden Wasserdrucks so grofs sein, dafs das Schütz nicht

von selbst herabfällt. Es ist daher vortheilhafter, solche Vorrich- zur Bewegung des Schützes zu wählen, wodurch dasselbe nicht nur gehoben, sondern auch kräftig herabgedrückt und stets sicher geschlossen werden kann. Das Bedürfniſs hierzu stellt sich z. B. heraus, wenn beim Durchschleusen eines Schiffs, und zwar von dem Oberwasser nach dem Unterwasser, durch Nachlässigkeit der Schiffer ein Tau nicht gehörig gelöst ist, so daſs das Schiff beim Sinken des Wassers zum Theil daran hängt. Das Abwerfen des Taues ist aber unmöglich, sobald eine starke Spannung bereits eingetreten ist, und es bleibt nur übrig, das Tau zu durchschneiden, oder das Reiſsen desselben abzuwarten. Beides kann vermieden werden, wenn man die Schütze des Unterhauptes schlieſst, und durch Oeffnen der Schütze des Oberhauptes den Wasserstand in der Kammer wieder so weit hebt, daſs das Schiff frei schwimmt. Auch beim Durchschleusen in der entgegengesetzten Richtung kann es vorkommen, daſs das Schiff etwa unten einen Schiffsring oder einen vortretenden Stein faſst, und bei dem steigengenden Wasser der Gefahr des Anfüllens ausgesetzt wird. Alsdann muſs man die Schütze des Oberhauptes schlieſsen und die des Unterhauptes öffnen. Endlich gehört hieher auch noch der Fall, daſs man diese Oeffnungen zuweilen in beiden Häuptern gleichzeitig in Wirksamkeit setzt, und dadurch die nächstfolgende Canalstrecke füllt, oder das Oberwasser senkt. Es rechtfertigt sich demnach die Vorsicht, schon bei der Erbauung der Schleuse hierauf Rücksicht zu nehmen, und wenn Schütze zum Schliessen der Oeffnungen gewäht werden, diese entweder mit besonderen Vorrichtungen zum Herabdrücken zu versehn, oder sie so schwer zu machen, daſs sie unter allen Umständen durch ihr Gewicht die Reibung überwinden. Im ersten Fall ist aber die Durchbiegung von schwachen und langen eisernen Stangen nicht unbeachtet zu lassen.

Um die Oeffnungen in den Thoren oder auch die Umläufe ohne Anstrengung jederzeit schlieſsen und öffnen zu können, ersetzt man in neuster Zeit bei Amerikanischen Schleusen sehr allgemein das Schütz durch eine Klappe, deren Drehungsachse in ihrer Mitte sich befindet, die also gleichen Druck und Gegendruck erfährt. Ein Uebelstand ist aber dabei unverkennbar, nämlich der eine Flügel wird, wenn die Klappe geschlossen ist, nicht gegen den

umgebenden Rahmen gedrückt, sondern davon etwas zurückgedrängt, woher einiger Wasserverlust unvermeidlich ist.

Ueber die Darstellung der Oeffnungen in den Thoren ist bereits bei Gelegenheit der Construction der Thore (§. 67 und 68) die Rede gewesen. Die Schütz-Oeffnungen werden jedesmal, um die Bekleidung des Thors rings umher befestigen zu können, oben und unten durch Thorriegel oder den untern Rahm, sowie seitwärts durch Mittelstiele oder auch durch die Schlagsäule, und in seltnen Fällen durch die Wendesäule begrenzt. Die Mittelstiele brauchen aber zu diesem Zweck nicht über den Riegel fortgesetzt zu werden, der den obern Rand der Oeffnung bildet. Das Schütz oder die Schofsthüre befindet sich auf der dem Oberwasser zugekehrten Fläche des Thors und bewegt sich zwischen zwei mit Falzen versehenen Stielen oder starken Latten, den sogenannten Schofsthür-Leisten, die auf der Bekleidung befestigt sind. Wenn das Schütz aber geschlossen ist, so steht es auf einer gleichfalls an dem Thore befestigten Schwelle auf, die mit diesen Leisten verbunden ist.

Hölzerne Schütze in den Schleusen werden in gleicher Weise construirt, wie in den Freiarchen (§. 46).

Gufseiserne Schütze kommen in gröfsern Thoren, namentlich in England nicht selten vor. Sie sind sehr dauerhaft und so schwer, dafs sie stets sicher herabsinken, gewöhnlich bringt man sogar Gegengewichte an, um sie leichter heben zu können. Sie dürfen jedoch nicht unmittelbar die Bohlenbekleidung berühren, vielmehr müssen die Oeffnungen mit etwas vortretenden eisernen Rahmen eingefafst werden, die mit den Schofsthür-Leisten verbunden sind. Wenn letztere, die gleichfalls aus Eisen bestehn, eben so wie die Ränder des Schützes gehörig geebnet und abgeschliffen sind, so bildet sich ein sehr dichter Schlufs. Der Rahmen wird aber, nachdem er durch Bolzen befestigt ist, in den Fugen noch durch eingetriebenes Werg gedichtet.

Gewöhnlich hat jedes gufseiserne Schütz sein besondres Gegengewicht, indem eine über eine Rolle geführte Kette beide verbindet. Diese Anordnung ergiebt sich aus der Zeichnung der Thore des Montgomery-Canals Fig. 313, Taf. XLV. Man bemerkt darin, dafs das Gegengewicht eben so, wie das Schütz zwischen Leisten gehängt ist, in welche es mittelst Federn eingreift. Diese Vorsicht

ist auch nothwendig, weil das Gewicht sonst bei der Bewegung des Thors schwanken und heftig aufschlagen würde. Etwas abweichend ist die Fig. 310 auf Taf. XLIV dargestellte Einrichtung, wobei dieselbe Eisenmasse gleichzeitig das Gegengewicht für zwei Schütze bildet. Jene Masse hängt an einer Rolle, um welche die Kette geschlungen und mit den Zugstangen beider Schütze verbunden ist. Man überzeugt sich leicht, dafs das Gleichgewicht hierbei eben sowohl erhalten wird, wenn man ein einzelnes Schütz, als wenn man gleichzeitig beide aufzieht, oder herablässt. Zwei Schütze kann man aber auch ohne Gegengewichte unmittelbar unter einander verbinden und sie dadurch ins Gleichgewicht setzen. Dabei ist nur erforderlich, dafs beim Ziehn dieser Schütze, d. h. wenn die Oeffnungen, die sie schliefsen, frei werden sollen, das eine abwärts und das andre sich aufwärts bewegt. Dieses ist leicht zu erreichen, wenn man nicht beide Schütz-Oeffnungen unmittelbar über dem untern Rahm anbringt. Bei grofsen Thoren der Seeschleusen, wo die freien Zwischenräume zwischen den Riegeln nicht die Höhe der Letztern haben, ist dieses aber auch nicht nothwendig, denn das eine Schütz findet beim Herablassen noch hinreichenden Raum über dem untern Rahm. Eben wegen dieser geringen Höhe der darzustellenden Oeffnungen vermehrt man oft die Anzahl derselben, so dafs zwei, auch wohl drei Schütze mit einander verbunden und gleichzeitig gehoben und gesenkt werden. In dieser Weise sind an dem in Fig. 309 dargestellten Thore des Verbindungs-Docks in Hull vier Schütz-Oeffnungen angebracht, von denen je zwei mit einander fest verbunden sind und wobei die Kette, woran sie hängen, über ein eisernes Rad geschlungen ist. Beim Drehn dieses Rades werden zwei Schütze gehoben und zwei gesenkt. Die Bewegung des Rades erfolgt aber durch eine gezahnte Stange, welche mittelst einer Schraube gehoben und gesenkt wird.*)

Die eben erwähnte Darstellung mehrerer über einander befindlicher Oeffnungen, die mittelst eben so vieler unter sich

*) Die Zeichnungen Fig. 309, *a*, *b* und *d* sind insofern unrichtig, als sie je drei über einander befindliche Oeffnungen darstellen, solche sind vielmehr an der linken Seite nur in den zwei untern, an der rechten Seite dagegen nur in dem zweiten und dritten Felde von unten vorhanden. In Fig. *b* sind diese vier Oeffnungen sämmtlich geschlossen.

verbundener Schütze gleichzeitig geöffnet und geschlossen werden, hat vergleichungsweise mit einer einzigen, eben so breiten Oeffnung, deren Höhe der Gesammthöhe jener ersten gleichkommt, nicht nur den Vorzug, dafs die Verbindung des Thors dabei weniger leidet, sondern man vermindert dabei auch sehr bedeutend, nämlich beziehungsweise auf die Hälfte oder den dritten Theil die Hubhöhe der Schütze.

Die zuletzt erwähnten, mit Gegengewichte versehenen und an Ketten hängenden Schütze können augenscheinlich nicht kräftig herabgestofsen werden, falls sie unter starkem Wasserdruck geschlossen werden sollten. Hierzu ist aber bei Dockschleusen niemals Veranlassung, da diese schon geschlossen werden, sobald auf beiden Seiten noch nahe derselbe Wasserstand statt findet, die Schütze also nur zur Ausgleichung sehr geringer Niveau-Differenzen dienen.

Ein andres Mittel zur Darstellung bedeutender Oeffnungen ohne wesentliche Schwächung des Thors und ohne Vergröfserung der Hubhöhe besteht noch darin, dafs man die Oeffnungen sehr breit macht und sie vielleicht über die ganze Breite des Thors von der Schlagsäule bis zur Wendesäule ausdehnt. Die erste Bedingung, nämlich die Vermeidung einer Schwächung des Thors, wird dabei indessen nicht vollständig erfüllt, indem die Verbindung der Riegel durch die Bekleidung unterbrochen wird. Ausserdem tritt hierbei noch der Uebelstand ein, dafs sehr breite Schütze stark durchzubiegen pflegen. Es kommen daher solche breite Schütze nur selten vor. An den Schleusen des Seiten-Canals der Loire sind sie gewählt worden. Sie erstrecken sich von der Wendesäule bis zur Schlagsäule, und schliefsen, wenn sie herabgelassen sind, das ganze Feld zwischen dem untern Rahm und dem nächsten Riegel. Dieses Feld wird aber weder durch eine Strebe, noch durch das eiserne Zugband unterbrochen, indem beide nicht so tief herabreichen. Die Oeffnung, die eins dieser Schütze schliefst, ist etwa 8 Fufs breit und 1 Fufs hoch. Das Schütz besteht aus Gufseisen, ist mit Verstärkungsrippen versehn, und bewegt sich zwischen eisernen Leisten, die an die Wende- und Schlagsäule gebolzt sind.

Auch bei den Schleusen des Canals von Saint-Quentin hatte man solche breite Schütze angebracht, die sich von der Wendesäule bis zur Schlagläule ausdehnten, jedoch nur 6 Zoll hohe Oeff-

nungen und zwar am obern Theile der Thore schlossen. Diese Oeffnungen sollten auch nicht sowohl zum eigentlichen Füllen und Leeren der Kammern dienen, als vielmehr nur, nachdem dieses grofsentheils bereits erfolgt war, die Ausgleichung der Wasserstände zu beschleunigen. Die Schütze, welche nur aus einzelnen Bohlen bestanden, sollten daher jedesmal unmittelbar vor dem Oeffnen der Thore gezogen werden. Man hat indessen die ganze Einrichtung schon längst beseitigt, indem man bemerkte, dafs dieselbe ohne Nachtheil für die durchgehenden Schiffe nicht früher benutzt werden durfte, als bis die Niveau-Differenz zu beiden Seiten so geringe war, dafs man die Thore schon mittelst der Winden öffnen konnte.

Die Schütze werden gemeinhin, wie auch in allen vorerwähnten Beispielen geschieht, senkrecht auf- und abbewegt. In einzelnen Eällen ist man jedoch hiervon abgewichen, so dafs die Schütze schräge bewegt werden. Der Zweck dieser schrägen Richtung ist aber der, dafs die Zugstange nicht mehr auf den obern Rahm trifft, vielmehr den Kopf der Wendesäule kreuzt, und man sonach die Kurbel, mittelst deren die gezahnte Stange bewegt wird, von der Schleusenmauer aus drehn kann, ohne auf das Thor steigen zu dürfen. Man findet diese Anordnung an den Unterthoren der Schleusen auf dem Canal zwischen Carlisle und Bowness. Die Zugstangen bestehen grofsentheils aus Holz, und nur der obere Theil, an dem die Zähne sich befinden, ist Eisen. Die Zugstange lehnt sich überdiefs in der Höhe des obern Riegels gegen eine gufseiserne Rolle. In den Oberthoren dieser Schleusen sind keine Oeffnungen angebracht, vielmehr befinden sich daneben Umläufe.

Eine wesentlich verschiedene Einrichtung zum Schliefsen der Oeffnungen in den Thoren besteht darin, dafs das Schütz sich nicht zwischen Leisten bewegt, sondern sich um eine horizontale Achse dreht. Man findet dergleichen Schieber nicht selten in den Schleusenthoren der kleinen Canäle in England. Die Oeffnungen sind dabei freilich auf ein geringes Maafs beschränkt, aber es wird hierdurch der Vortheil erreicht, dafs man vom Ufer aus die Oeffnungen schliefsen oder frei machen kann. Fig. 312 zeigt diese Einrichtung an einem Thore des Rochdale-Canals. Die Oeffnung ist in der Figur durch x bezeichnet, bei der angenommenen

Stellung des Schiebers ist sie aber verdeckt und daher durch punktirte Linien angedeutet. Die Drehungsachse liegt etwas höher, und zwar an der linken Seite. Von dem Schieber setzt sich über diese hinaus ein langer Hebelsarm fort, der bis über das Thor hinausreicht, und am obern Ende mit einer horizontalen gezahnten Stange verbunden ist. Die Zähne der letztern werden von einem Getriebe auf dem Drehbaum gefafst, und die Achse dieses Getriebes ist unmittelbar mit der Kurbel verbunden. Die Anbringung eines Vorgeleges ist in diesem Fall entbehrlich, da der erwähnte lange Hebelsarm schon wesentlich die Bewegung erleichtert. Die Stellung, welche der Schieber und die Zugstange annimmt, sobald die Oeffnung frei ist, deutet dieselbe Figur durch die punktirten Linien an.

Die eben beschriebene Art des Verschlusses der Oeffnungen findet man nicht nur in England, sondern sie kommt auch in Deutschland vor, und zwar war sie seit geraumer Zeit bei den Schleusen an der Fulda eingeführt.

Wesentlich verschieden hiervon ist das Verfahren, die Oeffnungen durch Klappen zu schliefsen, welche sich um eine in der Fläche des Thors liegende Achse drehn. Diese Klappen sind theils einfach, theils mit zwei Flügeln versehn. Die ersteren kommen wohl nur selten vor, sie sind aber an den Schleusenthoren eines Seiten-Canals des St. Lorenz-Stromes angebracht, der zwischen Long-Sault und Cornwall unterhalb des Ontario-Sees die im Strom liegenden Wasserfälle umgeht. Jeder Thorflügel hat zwischen dem untern Rahm und dem nächsten Riegel zwei Oeffnungen von $4\frac{1}{2}$ Fufs Breite und $1\frac{1}{2}$ Fufs Höhe. Die Klappen, welche dieselben schliefsen, drehn sich um horizontale Achsen an den obern Seiten der Oeffnungen, und nehmen, wenn sie geschlossen sind, nicht die senkrechte Stellung an, sondern behalten noch die Neigung von etwa 30 Graden gegen das Loth. Diese Anordnung hat darin ihren Grund, dafs entgegengesetzten Falls die Klappen durch die Zugstangen nicht sicher zu bewegen gewesen wären. Die Klappen legen sich aber, wenn sie geschlossen sind, sowohl unten, als seitwärts auf die passend bearbeiteten Ränder des untern Rahms und der kleinen Mittelstiele auf. Zum Heben jeder Klappe dient eine auf den obern Rahm aufgestellte Schraube, deren Mutter einen Sattel trägt, woran zwei Zugstangen befestigt sind, die zu derselben

Klappe hinabreichen. Auffallend ist dabei noch die Anordnung, dafs die Klappen nach der Seite des Unterwassers aufschlagen, der Wasserdruck hebt sie daher und erleichtert ihr Oeffnen, wogegen sie nur durch den Druck der Schraube geschlossen erhalten werden.*)

Häufiger hat man die andre Anordnung gewählt, wobei die Klappen mit zwei Flügeln versehn sind, bei deren Drehung also jedesmal zwei Oeffnungen, nämlich an beiden Seiten der Achse frei werden. Man pflegt in diesem Fall die Drehungsachse vertikal zu stellen, so dafs sie von oben unmittelbar bewegt werden kann, auch giebt man beiden Flügeln gleiche Ausdehnung, um den Einfluss des Wasserdrucks zu beseitigen. Indem hierbei die Reibung innerhalb sehr mäfsiger Grenzen bleibt, so zeichnet sich diese Vorrichtung durch die Leichtigkeit der Handhabung vortheilhaft aus, auch kann mittelst derselben sehr schnell eine grofse Durchfluſs-Oeffnung frei gemacht werden. Ein Uebelstand, der dabei kaum zu vermeiden ist, besteht in der Undichtigkeit des Verschlusses. Die gewöhnlichen Schütze schliefsen dicht, weil der Wasserdruck sie scharf gegen die Fläche des Thors preſst. Bei diesen zweiflügeligen Klappen wird indessen nur der eine Flügel durch den Wasserdruck an den Anschlag gedrängt, der andre dagegen davon entfernt. Die Sicherheit des Verschlusses beruht demnach allein darauf, dafs die Achse recht scharf zurückgedreht wird, und der eine Flügel nicht etwa sich biegt. Da aber Beides nicht leicht vollständig erreicht werden kann, so dürfte diese Anordnung wohl nur in solchen Fällen passende Anwendung finden, wo es auf einigen Wasserverlust nicht ankommt.

Was die Construction betrifft, so besteht diese Klappe meist aus Gufseisen. Der Rahmen, in welchem sie sich bewegt, und woran die Ränder sich befinden, mit denen sie den Schluſs bildet, besteht zuweilen aus Holz, vortheilhafter ist es aber, auch diesen aus Gufseisen darzustellen. Bei den Schleusen des Narbonne-Canals, so wie bei einigen Schleusen des Rhein-Rhone-Canals hat man hölzerne Rahmen gewählt, welche auf der dem Oberwasser zugekehrten Seite der Thore auf die Bekleidung aufgesetzt und mit

*) *Michel Chevalier, histoire et description des voies de communication aux États Unis. Vol. II.* pag. 301.

den dahinter befindlichen Riegeln und Mittelstielen verbolzt sind, Fig. 339 auf Taf. XLVIII zeigt eine Klappe im gufseisernen Rahmen, sie besteht aus einer gufseisernen Platte, die nicht nur ringsum mit vorstehenden Rändern, sondern aufserdem auch mit zwei horizontalen Verstärkungsrippen versehen ist, die auf beiden Flügeln nach verschiedenen Seiten vortreten. Die Achse aus Schmiedeeisen befindet sich in der Mitte. Aus der Figur ergiebt sich, wie die Flügel, wenn die Klappe geschlossen ist, sich seitwärts gegen die vertikalen Ränder im Innern des Rahmens lehnen. Aehnliche Ränder befinden sich auch auf der Schwelle, so wie im obern Theil des Rahmens, sie müssen aber nach der einen oder der andern Seite versetzt sein, je nachdem der Flügel darin einschlägt.

Bei den Schleusen des Main-Donau-Canals, woselbst die Oeffnungen 4 Fufs breit und 3 Fufs hoch sind, hat man den Schlufs der Klappe gegen den gufseisernen Rahmen dadurch zu sichern gesucht, dafs auf die Ränder der ersteren Holzleisten aufgeschroben, und der Rahmen an den entsprechenden Stellen mit Leder-Streifen ausgefüttert ist. Um aber die Klappe, wenn sie geschlossen bleiben soll, scharf gegen den Anschlag des Rahmens zu pressen, ist hier noch derjenige Flügel, der durch den Wasserdruck nicht gegen den Rahmen gedrückt wird, mit einem gezahnten Quadrant versehn, in welchen ein Getriebe eingreift, dafs man von der Laufbrücke aus drehn und festschrauben kann.

Von der Anordnung der Umläufe die man zur Seite der Thore in den Mauern der Häupter anbringt, ist schon oben §. 65 die Rede gewesen. In den Grundrissen oder horizontalen Projectionen zeigen sie gewöhnlich eine oder zwei Krümmungen, nämlich in den Oberhäuptern zwei und in den Unterhäuptern, wo sie nicht mehr in die Schleuse zurücktreten, eine. Ihre Sohle ist im letzten Fall horizontal durchgeführt, in den Oberhäuptern dagegen senkt sich ihre Sohle vom Oberboden auf den Unterboden der Schleuse.

Zuweilen vertheilt man dieses Gefälle gleichmäfsig auf ihre Länge, und legt nur die beiden Mündungen auf geringe Entfernungen horizontal. Dadurch wird die Ausführung insofern erschwert, als die Canäle mit ihren gewölbten Decken nicht nur im Bogen, sondern zugleich auch ansteigend ausgeführt werden müssen. Man legt daher meist die gekrümmten Strecken horizontal an, und

läfst den dazwischen liegenden geraden Theil des Umlaufs mit gleichmäfsigern Gefälle sich senken. Zuweilen geht man auch noch weiter, und concentrirt das ganze Gefälle, indem ein lothrechter Schacht die beiden horizontal ausgeführten Theile des Umlaufs verbindet, wie Fig. 298 auf Taf. XLII zeigt. Aehnlich ist auch die Fig. 297 dargestellte Anordnung. Man beabsichtigt dabei, den Angriff des Wassers auf eine einzelne Stelle zu richten, die man mit besonderer Vorsicht befestigt, und wodurch man die andern Theile der Sohle und die Wände des Umlaufs zu sichern glaubt. Diese Absicht ist indessen mit einer möglichst vortheilhaften Wirksamkeit des Umlaufs nicht vereinbar.

Das Wasser im Umlauf soll nämlich die der Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser entsprechende Geschwindigkeit annehmen. Die Anbringung der scharfen Ecken, in welchen die horizontale Richtung plötzlich in die lothrechte, und letztere dann wieder in die erstere übergeht, erzeugt aber schon Widerstände. Abgesehn von diesem Verlust an Geschwindigkeit wird auch die Absicht, den Angriff des Wassers auf einzelne Punkte zu richten, nicht erreicht, wenn man nicht noch auf andre Weise die Wirksamkeit des Umlaufs schwächen will. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der ganzen Niveau-Differenz besteht nämlich nur so lange, als der Umlauf vollständig mit Wasser angefüllt ist, und nirgend mit der äufsern Luft in Verbindung steht. Wenn diese Bedingung vollständig erfüllt wird, so hört aber der Einfluſs der verschiedenen Neigungen an verschiedenen Stellen auf, und wenn der Umlauf in seiner ganzen Länge gleiche Profilweite hat, so ist die Geschwindigkeit am Fufs des vermeintlichen Wassersturzes um nichts gröfser, als an jeder andern Stelle, weil überall das ganze Profil angefüllt ist, und überall in denselben Zeiten gleiche Wassermassen hindurchgehn.

Diese beiden Umläufe (Fig. 297 und 298) sind indessen durch die vertikalen Oeffnungen, die zum Heben des Schützes oder der Klappe dienen, mit der äufsern Luft verbunden. Das Gefälle des lothrechten Sturzes wirkt daher nicht auf die Beschleunigung des Wassers. Die Geschwindigkeit im obern Theile des Umlaufs wird vielmehr nur bedingt durch die Niveau-Differenz zwischen dem Spiegel des Oberwassers und der Sohle des Canals vor dem Sturze. Hinter und über diesem Sturz füllen sich die Räume zum Theil

mit Luft an, die vom Wasser mit fortgerissen wird, wie sich dieses schon durch ein lautes Sausen, wie bei einem Centrifugal-Gebläse, zu erkennen giebt, besonders wenn jene Niveau-Differenz noch bedeutend ist.

Soll im Umlauf sich die Geschwindigkeit darstellen, die abgesehn von sonstigen Widerständen, der Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser entspricht, so darf eine solche Verbindung mit der äufsern Luft nicht stattfinden, und dieses ist leicht zu erreichen, wenn man den Verschluſs in die obere Mündung verlegt. In den Englischen Canalschleusen wird das Schütz oder die Klappe auch jedesmal hier angebracht.

Gemeinhin legt man ganz symmetrisch an jede Seite des Oberhauptes einen Umlauf, und wenn beide, wie immer geschieht, gleichzeitig geöffnet werden, so treffen beide Strahlen in der Kammer zusammen und indem dadurch ihre Richtung abgelenkt wird, so findet kein Stoſs gegen die Kammermauern statt, der dieselben mit der Zeit beschädigen könnte. Bei Doppelschleusen von der Fig. 289 auf Taf. XLI dargestellten Anordnung findet eine solche Aufhebung des Seitenstoſses nicht vollständig statt, zum Theil tritt sie aber doch ein, und bei der groſsen Breite der Kammer ist der Stoſs des Wassers gegen die Mauer nicht von Bedeutung.

In vielen Fällen begnügt man sich mit einem einzelnen Umlauf. Beim Unterhaupt ist dieses ohne Nachtheil, da man die untere Mündung desselben in die Richtung des Unter-Canals legen kann, beim Oberhaupt tritt dagegen in diesem Fall der erwähnte Uebelstand ein, daſs der austretende Strahl die gegenüberliegende Kammermauer trifft, und bei der stark wirbelnden Bewegung, die er in der Schleuse erzeugt, müssen die Schiffe mit groſser Vorsicht befestigt werden. Minard erwähnt, daſs dieser Uebelstand sich sehr unangenehm bei den Schleusen des Canals von Briare zu erkennen giebt, er rühmt indessen die gute Erhaltung der Umläufe in jenen Schleusen, die ohne daſs man von bedutenden Reparaturen etwas wüſste, zwei Jahrhunderte hindurch benutzt sind, und sich noch in gutem Zustande befinden.

In den Oberhäuptern der Englischen wie der Französischen Canalschleusen ist häufig eine Anordnung gewählt, wonach die Umläufe groſsentheils in derselben Vertical-Ebene bleiben, und

zwar ist diese normal gegen die Schleusen-Achse gerichtet. Die Umläufe treten nämlich aus den Thornischen aus, und ohne sich der Schleusenkammer zu nähern senken sie sich bis zum Unterboden. Unter dem obern Thorkammerboden verbinden sich beide zu einem gemeinschaftlichen Canal, der durch den Abfallboden in die Kammer ausmündet. Gauthey gab diese Einrichtung den Schleusen des Canals du Centre, der im Jahre 1786 vollendet wurde, und der die Verbindung zwischen der Saône und Loire zwischen Châlons und Digoin darstellt. Fig. 340 auf Taf. XLVIII zeigt ein Oberhaupt dieser Schleusen, nämlich *a* in der Ansicht von oben und zugleich im horizontalen Durchschnitt unter dem Thorkammerboden, *b* im senkrechten Durchschnitt durch die Längen-Achse der Schleuse, und *c* im senkrechten Querschnitt durch die Seiten-Canäle. Letztere beginnen in den Thornischen, woselbst besondere Nischen von quadratischem Querschnitt in den Mauern angebracht sind. An der Sohle einer jeden dieser Nischen liegt die eigentliche Mündung des röhrenförmigen Canals. Derselbe hält etwa $1\frac{1}{2}$ Fuſs im Durchmesser, fällt senkrecht bis zur Höhe des Unterbodens herab und tritt von unten in den nahe 10 Fuſs weiten und 4 Fuſs hohen überwölbten Canal, der sich unter dem Oberboden befindet, und mit der Schleusenkammer in unmittelbarer Verbindung steht. Die Vorrichtung zum Schlieſsen der Umläufe befindet sich in den obern Mündungen der röhrenförmigen Canäle, und bestand ursprünglich in Kegel-Ventilen, welche man in die entsprechend geformten Mündungen herablassen konnte.

In ähnlicher Weise sind bei diesen Schleusen auch die Unterhäupter mit Umläufen versehn. Auf jeder Seite ist hinter der Thornische wieder eine zweite Nische etwa 2 Fuſs breit und tief und 4 Fuſs hoch, angebracht, deren Sohle mit dem Thorkammerboden in gleicher Höhe liegt. In dieser Sohle befindet sich die kegelförmig erweiterte Mündung des cylindrischen Canals. Letzterer senkt sich auch hier etwa 3 Fuſs tief, geht alsdann parallel zur Längenrichtung der Schleuse bis in die Mitte des Hinterbodens, also etwa 7 Fuſs hinter die Wendenische, erhebt sich daselbst senkrecht, und tritt eben so, wie er aus der Thorkammer abgegangen war, durch eine Seitennische auf den Hinterboden der Schleuse. Es könnte auffallend erscheinen, daſs auch die Umläufe des Unterhauptes bis unter den Schleusenboden herabgeführt sind,

da doch die beiden Mündungen jedes dieser Canäle beinahe in gleicher Höhe liegen, die obere Mündung sogar wegen der Senkung des Thorkammerbodens noch etwas tiefer sich befindet, als die untere. Man hätte sonach, wenn es sich nur um die Darstellung der Verbindung handelte, die beiden Krümmungen jedes Canals ersparen können. Dieses verbot sich indessen zunächst durch die gewählte Art des Verschlusses, die sich nur anbringen liefs, wenn die Mündung des cylindrischen Canals in der Sohle der Nische lag, und hierzu kam wahrscheinlich noch, dafs Gauthey wohl mit Recht eine Schwächung der Wendenische besorgte, wenn der Canal dicht hinter derselben vorbeigeführt wäre.

Diese cylindrischen Canäle sind in Werkstücken dargestellt, und zwar in der Art, dafs keine Fugen in der Längenrichtung vorkommen, die Oeffnungen also jedesmal in einzelnen Steinen von grofsen Dimensionen ausgearbeitet wurden. Hierdurch erhielten allerdings die Canäle eine gröfsere Festigkeit, was bei den geringen Mauerstärken auch nothwendig war, dagegen war man gezwungen, wie bereits erwähnt, die lichte Weite derselben auf das geringe Maafs von $1\frac{1}{2}$ Fufs zu beschränken. Die Füllung und Leerung der Schleusen erfolgt deshalb auch langsam. Die ganze Anordnung zeigte sich aber noch in anderer Weise als unvortheilhaft. Indem nämlich die erwähnten Röhren des Oberhauptes in senkrechter Richtung ausmünden, so treffen die ausspritzenden Wasserstrahlen mit Heftigkeit das schwache Gewölbe über dem weiten Canal, der unter der obern Thorkammer liegt, und dieses leidet dabei so sehr, dafs starke Filtrationen aus dem Oberwasser nach der Kammer statt finden, die selbst durch häufiges Verstreichen der Fugen nicht beseitigt werden können. Auch die in der Figur angedeutete Art des Verschlusses der Umläufe zeigte sich bald als unbrauchbar, und mufste wesentlich abgeändert werden, wovon im Folgenden die Rede sein wird.

Die eben beschriebene Einrichtung der Umläufe wiederholt sich zum Theil in den Schleusen des Canals von St. Quentin, der in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts ausgeführt ist, und zwischen St. Quentin und Cambray die Schelde mit der Somme verbindet. Man hat indessen die beim Canal du Centre bemerkten Uebelstände hier theils durch Vergröfserung der Weite der cylindrischen Canäle, theils auch dadurch zu vermeiden gesucht, dafs

man die Umläufe des Oberhauptes nicht in einen überwölbten Canal unter dem Unterboden führte, sie vielmehr eben so, wie Gauthey dieses im Unterhaupte bereits gethan hatte, hinter den Schlagschwellen durch besondere Nischen in den Kammerraum ausmünden liefs. Die Verbindung dieser Nischen mit den cylindrischen Canälen findet auch hier am Boden der Nische statt, so dafs der auftretende Wasserstrahl wieder aufwärts gerichtet ist. Indem er aber die Decke der Nische trifft, worüber das volle Mauerwerk sich befindet, so kann er nicht so nachtheilige Wirkungen, wie unter dem Oberboden, veranlassen. Die Canäle sind 2 Fufs weit, und wieder in Werksteinen dargestellt. Man hat jedoch nur hin und wieder die volle Oeffnung des Canals in einem einzigen Steine gebildet. Grofsentheils ist nur der halbe Querschnitt in den Bodensteinen ausgearbeitet, und die Decke ist durch die Ueberwölbung aus zwei oder drei Stücken bebildet.

In den Englischen Canalschleusen sind die Umläufe jedesmal so angeordnet, dafs sie nicht tiefer herabgeführt werden, als ihre untern Mündungen liegen, woher die austretenden Strahlen auch nicht vertikal aufwärts, sondern horizontal gerichtet sind. Aufserdem hat man hier auch häufig die Umläufe aus gufseisernen Röhren gebildet, wodurch die Construction wesentlich erleichtert wird. Bei den Canälen in der Nähe von Birmingham liegen diese gufseisernen Röhren nicht in den Schleusenmauern sondern hinter denselben. Die Anbringung der Umläufe bedingt also in diesem Fall gar keine Verstärkung der Mauern, die man gemeinhin als einen damit verbundenen Uebelstand anzusehn pflegt. Aufserdem ist bei dieser Anordnung ein wasserdichter Abschlufs leichter darzustellen, als wenn die Oeffnung im Mauerwerk angebracht wäre. Eine Schwierigkeit tritt hierbei freilich insofern ein, als der Mörtel mit dem Gufseisen nicht fest zu binden pflegt. Man kann diesem Uebelstande aber dadurch begegnen, dafs man die Röhren an den Stellen, wo sie in der Mauer liegen, noch mit vortretenden Rändern versieht, welche sorgfältig in die Steine eingepafst und mit Mörtel umgeben werden. Aufser den Erschütterungen beim Ziehn und Schliefsen der Schütze giebt es auch keine Veranlassung zur Trennung der Röhren von der Mauer, da beide bei eintretender Temperatur-Veränderung sehr übereinstimmend sich ausdehnen, oder zusammenziehn. Die Röhren sind jedesmal in der

Nähe der beiden Enden nach Quadranten gekrümmt, und zwar liegen diese Krümmungen schon hinter den Mauern oder in der Hinterfüllungserde. Der dazwischen befindliche Theil der Röhre ist aber gerade, und liegt sonach neben einem Unterhaupte nahe horizontal, dagegen neben einem Oberhaupte, dem Gefälle der Schleuse entsprechend, mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt. Die Röhren haben nach Maſsgabe der Dimensionen der Schleusen, die Weite von 1 bis 2 Fuſs. Fast jedesmal liegen in jedem Schleusenhaupte zwei Umläufe. Die Füllung und Entleerung der Schleuse wird hierdurch auſserordentlich beschleunigt, und zwar um so mehr, als bei dieser Anordnung die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers jedesmal durch die ganze Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände bedingt wird. Die Zusammensetzung der Röhren ist dieselbe, wie bei gewöhnlichen Wasserleitungen, doch pflegt man wegen der groſsen Weite sie mit Flanschen zu versehn, die mittelst Schraubenbolzen mit denen der nächsten Röhre verbunden werden. Die obere Mündung steht am vortheilhaftesten, wie auch oft geschieht, mit einem guſseisernen Rahmen in Verbindung, in welchem ein guſseisernes Schütz sich bewegt.

Bei der auf Taf. XXXVI Fig. 262 dargestellten massiven Schleuse auf dem Ellesmere- und Chester-Canal, die von Telford erbaut ist, hat nur das Oberhaupt Umläufe, wogegen zum Ablassen des Wassers aus der Kammer Schütz-Oeffnungen in den Unterthoren angebracht sind. Jene Umläufe bestehn aus gemauerten Canälen von vierseitigem Querschnitt. Diese Canäle senken sich wieder, so daſs sie unter den Oberboden treten. Hier vereinigen sie sich und münden durch einen weitern Canal unter den Schlagschwellen horizontal in die Kammer aus. Die Mündung des letzten Canals zeigt Fig. 262*c*.

Auch bei den auf demselben Canal ausgeführten eisernen Schleusen, die bereits § 65 beschrieben sind, ist eine ähnliche Anordnung gewählt. Aus jeder Thornische des Oberhauptes geht, wie Fig. 263 zeigt, eine mit einem Schütz zu verschlieſsende Röhrenleitung aus. Dieselbe krümmt sich zunächst in vertikaler Richtung nahe um zwei Quadranten, wodurch sie unter den Thorkammerboden geführt wird. Hier krümmt sie sich in horizontaler Richtung um einen Quadranten und mündet im Abfallboden in die

Schleusenkammer. Eine Vereinigung der beiden Röhren findet hier nicht statt.

Abweichend von den bisher beschriebenen ist der Umlauf an den Schleusen des Montgomery-Canals angeordnet. Derselbe liegt nämlich ganz in der Mittellinie der Schleuse. Er geht weder aus der Thornische, noch überhaupt aus einer Seitenmauer aus, vielmehr liegt seine obere Mündung in dem Vorboden des Oberhauptes. Er besteht aus einer gufseisernen Röhre von 2 Fufs Weite, die zunächst senkrecht abfällt und, indem sie in einem Quadranten gekrümmt ist, in die horizontale Richtung übergeht, so dafs sie unter dem Oberboden fort durch den Abfallboden in die Kammer tritt. Diese Anordnung ist vergleichungsweise mit andern, besonders einfach, und zeichnet sich auch dadurch aus, dafs die Röhre nur einmal gekrümmt ist. Die Schliefsung des Umlaufs erfolgt durch eine gufseiserne Platte, die über die Mündung der Röhre geschoben werden kann. Diese Platte ist nichts andres, als ein horizontales Schütz, und der eiserne Rahmen, worin dasselbe sich bebewegt, steht in unmittelbarer Verbindung mit dem ersten Theil der Röhre. Der Querschnitt der Röhre geht aber hier, der Schützöffnung entsprechend, in die quadratische Form über, diese mifst in jeder Seite 2 Fufs.

Das Schütz ist mit einer horizontalen Zugstange versehn, welche auf einer Seite unter die Schleusenmauer tritt. Hier ist sie mittels eines Charniers mit einem gufseisernen, vertikal aufgestellten zweiarmigen Hebel verbunden. Die Drehungsachse des Hebels liegt über der Mauer, und ist durch einen Zapfen gebildet, der in einer eisernen Pfanne ruht. Der untere Arm des Hebels ist 6 Fufs lang, der obere 4. Letzterer trägt einen gezahnten eisernen Bogen, und die Zähne desselben greifen in ein Getriebe, das mittelst eines Vorgeleges durch eine Kurbel bewegt wird. In Folge der Drehung der Kurbel bewegt sich jener gezahnte Bogen, und die am andern Hebelsarm angebrachte Zugstange nimmt zugleich mit dem Schütz eine entgegengesetzte Bewegung an.

Die zum Aufziehn dieses Schützes erforderliche Kraft ist durch die Reibung des Schützes, also grofsentheils durch den Wasserdruck, bedingt. Dieser hängt aber keineswegs nur von dem Wasserstande über dem Schütz ab, entspricht vielmehr der ganzen Niveau-Differenz des Ober- und Unterwassers, wenn die Röhre ganz mit

Wasser gefüllt bleibt. Ein Theil der Wassersäule ruht auf dem Schütz, der andere und zwar der gröfsere, hängt daran, drückt dasselbe aber in gleicher Weise abwärts, als wenn er sich darüber befände. Dieses Verhältnifs ändert sich nicht, wenn das Schütz auch nicht vollkommen wasserdicht schliefst. Die Reibung, oder die zum Ziehn erforderliche Kraft, würde daher, wenn nicht eine besondere Maafsregel noch in Anwendung gebracht wäre, bei dem grofsen Durchmesser des Umlaufs und dem starken Schleusengefälle sehr bedeutend sein. Es war indessen leicht, den von der Wassersäule unter dem Schütz herrührenden Druck durch Einführung von Luft zu beseitigen. Es ist demnach eine enge Röhre von der Oberfläche der Schleusenmauer bis in den Umlauf unterhalb des Schützes geführt. Hierdurch wird die Bewegung des Letztern so erleichtert, dafs der Knabe, welcher die Leinpferde treibt, ohne Mühe und zwar sehr schnell den Umlauf in Thätigkeit setzen kann.

Es mufs indessen darauf aufmerksam gemacht werden, dafs diese Luftröhre, wie vortheilhaft sie auch in der eben erwähnten Beziehung wirkt, doch die Wirksamkeit des Umlaufs beeinträchtigt, insofern sie demselben, auch wenn er in Thätigkeit ist, Luft zuführt, und dadurch wie bei jenen Schützen in den innern Theilen der Umläufe, die Wirksamkeit der letztern durch wesentliche Verminderung der Druckhöhe beeinträchtigt.

Auch bei der üblichen Anordnung der Umläufe, wenn sie aus Seitenöffnungen in den Thornischen austreten und mit der äufsern Luft in keiner Verbindung stehn, ist das geschlofsne Schütz jedesmal einem Druck ausgesetzt, der der ganzen Niveau-Differenz der beiderseitigen Wasserstände entspricht. Es entsteht daher die Frage, ob es vortheilhafter ist, diesen Druck zu ermässigen und dadurch das Oeffnen des Schützes zu erleichtern, oder dem Umlauf seinen ganzen Effect zu sichern. Wahrscheinlich ist der letzte Vortheil der gröfsere, wenigstens bei einer frequenten Schiffahrt, und man würde denselben in den meisten Fällen vielleicht nicht aufgegeben haben, wenn man die Folgen der Zuleitung der Luft in Betracht gezogen hätte.

Bei der am Schlufs von § 67 bereits beschriebenen Schleuse auf dem Erie-Canal, in welcher statt der Stemmthore im Oberhaupt ein Klappenthor angebracht ist, welches sich flach auf den

Boden niederlegt, hat man einen Verschluſs gewählt, der ohne Zuführung von Luft doch leicht zu öffnen ist. Der Thorkammerboden besteht in einem wasserdichten hölzernen Boden, und der darunter befindliche Raum steht mit der Kammer in freier Verbindung, indem er von dieser nur durch einige Stiele getrennt ist, welche die Kehle tragen, worin die horizontale Wendesäule des Thors sich bewegt. In dem erwähnten Thorkammerboden befinden sich vier Oeffnungen von 3 Fuſs 9 Zoll Länge und 2 Fuſs 6 Zoll Breite. Darin sind guſseiserne, möglichst dicht schlieſsende Klappen angebracht, die sich um horizontale Achsen in ihrer Mitte drehn. Diese Achsen sind der Schleusenachse parallel gerichtet. Die Klappen stimmen wesentlich mit den Figur 339 auf Taf. XLVIII dargestellten überein. Der Wasserdruck wirkt gleichmäſsig auf beide Flügel und es ist daher wenig Kraft erforderlich, um einen derselben zu heben und den andern eben so weit zu senken. Durch eine Hebel-Verbindung kann man von der Schleusenmauer aus alle vier Klappen gleichzeitig heben und niederlegen. Das Wasser stürzt, sobald die Klappen aufgerichtet sind, mit dem ganzen, der Niveau-Differenz entsprechenden Druck herab, und zwar ohne einen Canal zu durchlaufen, woher die Füllung der Kammer sehr schnell erfolgt. Ist dieses aber geschehn, so fällt das aufgerichtete Thor, wie bereits oben erwähnt, von selbst nieder, und die Schiffe können sogleich durchgebracht werden. Auch sind die in der Kammer liegenden Schiffe nicht der Gefahr ausgesetzt, daſs das zutretende Wasser über Bord schlägt. Zweifelhaft bleibt nur, ob die Klappen wasserdicht schlieſsen.

Auch zum Entleeren der Kammern werden in den Schleusen auf Amerikanischen Canälen nicht selten Umläufe angebracht. Um jedoch die Schleusenmauern nicht zu sehr zu schwächen, giebt man ihnen nur geringe Weite, dagegen um so gröſsere Höhe. Aus diesem Grunde werden sie vor ihrem Austritt in das Unterwasser durch drei übereinander befindliche Klappen geschlossen, von denen jede sich um eine Achse in ihrer Mitte dreht. Damit beim Oeffnen des Umlaufs keine zu heftige Strömung entsteht, welche die Schiffe in Bewegung setzen könnte, läſst man den Umlauf nicht in voller Höhe und Weite in die Kammer treten, verbindet ihn vielmehr mit dieser durch eine Anzahl kleiner Oeffnungen unmittelbar über

dem Kammer-Boden, wodurch jener Uebelstand vermieden wird.*)

Die Vorrichtungen, deren man sich zum Schliessen der Umläufe bedient, sind grofsentheils bereits erwähnt worden, nur einige derselben, die freilich nicht häufig Anwendung gefunden, wären wegen der Eigenthümlichkeit ihrer Zusammensetzung zu beschreiben, auch mufs über die Anordnung der Ersteren noch Einiges bemerkt werden.

Die Schütze, und zwar solche, welche senkrecht aufgezogen werden, findet man am häufigsten. Sie eignen sich auch am meisten zu diesem Zweck, da man sehr bedeutende Oeffnungen durch sie schliessen kann, und ihr Schlufs, insofern er durch den Wasserdruck unterstützt wird, ziemlich dicht ist. Die Reibung, der sie bei ihrer Bewegung ausgesetzt sind, wird zum Theil durch die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser bedingt, doch vermindert sie sich wesentlich, wenn die einander berührenden Flächen möglichst glatt und hart sind, woher sich dazu vorzugsweise das Eisen eignet.

Am häufigsten wählt man hölzerne Schütze, die entweder in hölzernen oder in steinernen Rahmen sich bewegen. Ein Beispiel von der Zusammensetzung der Letztern ist in Fig. 299 *a*, *b* und *c* auf Taf. XLII. dargestellt. Zur Anwendung solcher steinernen Rahmen, wobei die Reibung sehr beträchtlich ist, entschliefst man sich gemeinhin nur, wenn die Schütze im Innern der Umläufe angebracht sind, und daher eine Erneuung der Schwellen und Seitenstücke schwierig wäre.

Die passendste Stelle erhält das Schütz in der obern Mündung des Umlaufs, weil man hier das Zutreten der Luft ganz vermeidet. Aufserdem ist es in diesem Fall auch immer leichter, Gegenstände zu entfernen, welche etwa das Schliefsen des Schützes verhindern, auch lassen sich Reparaturen und selbst Erneuerungen einzelner Theile dabei am leichtesten vornehmen. In manchen Fällen, wie etwa bei den Fächerschleusen, von denen im Folgenden die Rede sein wird, mufs man die Schütze im Innern der Mauern anbringen, und häufig thut man dieses auch bei

*) Malézieux, travaux publics des états-unis d'Amerique. Paris 1873, pag. 340.

gewöhnlichen Umläufen, um die Winden, die zum Ziehn der Schütze dienen, nicht unmittelbar an den Rand der Mauer stellen zu dürfen, wo sie die Handhabung der Taue beim Aus- und Einholen der Schiffe erschweren würden. Auch kommt der Fall nicht selten vor, dafs man zur Erreichung eines möglichst wasserdichten Schlusses zwei Schütze hinter einander anwendet, von denen das Eine durch das Andre unterstützt wird, und das zweite jedenfalls im Innern des Umlaufs angebracht werden mufs.

Ueber die horizontalen Schütze, die selten vorkommen, wäre nur zu bemerken, dafs sie stets unter Wasser liegen, und daher ihre Beaufsichtigung und Instandsetzung schwieriger ist. Es darf daher als Regel gelten, dafs sie aus dauerhaftem Material, also aus Gufseisen dargestellt werden müssen.

Die Vorrichtung zum Schliefsen der Umläufe, welche man an den Schleusen des Canals du Centre anwendete, nachdem man sich von der Unzweckmäfsigkeit der Kegelventile überzeugt hatte, und die auch später an den Schleusen des Canals von St. Quentin angebracht wurde, ist noch als ein Schütz zu betrachten. Sie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Schütz dadurch, dafs die schliefsende Fläche nicht eine Ebne, sondern cylindrisch gekrümmt ist, und in ihrer Lage nicht durch übergreifende Leisten oder Griessäulen, vielmehr durch eine horizontale Achse gehalten wird. In jenen Nischen, in welchen die obern Mündungen der Umläufe liegen, waren hölzerne Rahmen angebracht, die jedesmal bis auf eine Oeffnung von etwa 2 Fufs Breite und Höhe die Verbindung mit der Thorkammer abschlossen. Die Verbandstücke, welche die frei bleibende Oeffnung umgaben, waren, auf der Seite der Nische oder dem Umlaufe zugekehrt, cylindrisch abgerundet, und dieselbe Form hatte auch das Schütz oder die Klappe, welche sich in dieser Nische befand. Letztere, gleichfalls aus Holz bestehend, war mittelst zweier Arme an eine horizontale Drehungsachse neben der hintern Wand der Nische befestigt. Diese Achse lag aber einige Zoll tiefer, als die des Cylinders, nach dessen Fläche sowohl das Schütz, als der Rahmen, an den es sich lehnte, abgerundet waren. Zwischen den beiden Armen, die das Schütz mit der Achse verbanden, war ein Riegel eingesetzt, und diesen fafste die Zugstange, die über der Schleusenmauer durch einen

doppelarmigen Hebel, in gleicher Art, wie früher das Kegelventil, gehoben wurde.

Durch diese Versetzung der Drehungsachse wurde allerdings der Vortheil erreicht, dafs die Berührung des Schützes mit dem Rahmen sogleich beim Aufheben des erstern, und mit derselben auch die Reibung aufhörte, dagegen trat der Uebelstand ein, dafs der Wasserdruck nicht auf der Seite des Schützes, sondern des Rahmens stattfindet. Ersteres erhält also durch denselben nicht einen festen Schlufs, und dieses mufste hier um so nachtheiliger sein, als alle Verbindungen nur aus Holz bestanden, und daher leicht nachgeben konnten, um so mehr, da sie nur selten oder nie vollständig benetzt wurden. Man hat daher diese Einrichtung nach kurzer Zeit aufgegeben. Dasselbe ist auch bei den Schleusen des Canals von St. Quentin geschehn, wo die gleiche Art des Verschlusses ursprünglich an allen Umläufen angebracht wurde. Schon im Jahre 1822 waren die Thore mit gewöhnlichen Schützen versehen, und die Umläufe wurden nicht mehr benutzt.

Wesentlich verschieden von den Schützen sind diejenigen Vorrichtungen zum Absperren der Umläufe, welche beim Oeffnen derselben gegen den Wasserdruck gehoben werden. Die Reibung wird dabei freilich beinahe ganz beseitigt, aber dagegen mufs der Wasserdruck unmittelbar überwunden werden, und hierzu ist meist eine bedeutende Kraft erforderlich. Am häufigsten werden einfache Kegel-Ventile benutzt, welche die konische Erweiterung in der Mündung des Umlaufs schliefsen. Um diese Ventile aber mittelst gewöhnlicher Hebel aufheben und herablassen zu können, müssen die Mündungen der Umläufe aufwärts gekehrt sein. Dieses war die Einrichtung, welche Gauthey ursprünglich für die Schleusen des Canals du Centre wählte, sie kommt auch bei verschiedenen kleinern Canälen in England vor. Die zum Heben der Ventile erforderliche Kraft ist von der Weite der Umläufe und dem Gefälle der Schleuse abhängig. Mifst der Querschnitt der Umläufe nur etwa 1 Quadratfufs, so läfst sich das Ventil noch durch einen einfachen Hebel öffnen, bei gröfserer Weite sind dagegen kräftigere Vorkehrungen erforderlich.

Die in Fig. 298 angedeutete Vorrichtung zum Schliefsen des Umlaufs besteht aus einer gufseisernen Klappe, die auf dem abgeschliffenen, vorstehenden Rande eines gufseisernen Rahmens auf-

liegt, und an einer Seite mit demselben durch ein Charnier verbunden ist. Sie wird durch eine Kette mittelst einer Winde gehoben und herabgelassen. Da jedoch die erforderliche Kraft für die verschiedenen Stellungen der Klappe sehr verschieden ist, so legt sich die Kette nicht auf eine kreisförmige Rolle, sondern auf ein Schneckenrad auf. Der herabhängende Theil der Kette ist daher bei geschlofsner Klappe der Drehungs-Achse der Winde sehr nahe, entfernt sich aber von dieser immer weiter, je mehr die Klappe sich hebt.

Von den mechanischen Vorrichtungen, wodurch die Schütze, Ventile, Schieber oder Klappen, und zwar ebensowohl in den Schleusenthoren, als in den Umläufen bewegt werden, ist bisher nur beiläufig die Rede gewesen, dieselben müssen daher noch näher bezeichnet werden. Die erste Bedingung dabei ist, dafs die Oeffnungen in kurzer Zeit frei werden. Bei grofsen Schleusen und namentlich in Seehäfen fehlt es gemeinhin nicht an den nöthigen Arbeitern, um die erforderliche Kraft zu entwickeln. Auf isolirt liegenden Flufs- und Canal-Schleusen ist dieses nicht der Fall und man darf daher für diese keine Einrichtungen wählen, zu deren Bewegung ein oder zwei Mann nicht genügen. Da ferner diese Maschinen meist auf die Thore gestellt werden, so dürfen sie weder vielen Raum einnehmen, noch besonders schwer sein. Endlich müssen mittelst derselben die Schütze oder Klappen nicht nur gezogen, sondern auch geschlossen werden können.

Man hat beinahe alle mechanischen Vorrichtungen, die man gewöhnlich einfache Maschinen nennt, zu dem in Rede stehenden Zweck angewendet. Wenn es auf einigen Wasserverlust nicht ankommt, indem die Schleuse hinreichenden Zufluſs hat, so eignet sich wohl zur Abschliefsung der Oeffnung am meisten die zweiflügelige Klappe (Fig. 339 auf Taf. XLVIII), deren Bewegung nur geringe Kraft erfordert, indem dabei Druck und Gegendruck einander aufheben. Es genügt dafür, wie in Amerika auch wirklich geschieht, unmittelbar an der Achse eine Kurbel anzubringen. Mit einem Zuge wird Letztere um einen Quadranten verstellt und dadurch die Oeffnung frei gemacht oder geschlossen. Um aber den Widerstand zu umgehn, den gröfsere Klappen dennoch der Bewegung entgegen setzen, hat man es vorgezogen, eine gröfsere Anzahl von kleineren anzubringen, und dieselben werden entweder

einzeln, eine nach der andern aufgestofsen, oder man hat sie auch mit einander verbunden und bewegt sie gleichzeitig.

Wenn dagegen, was bei Canalschleusen gemeinhin der Fall ist, das disponible Wasserquantum kaum dem Bedürfnifs entspricht, so mufs man, um dem Wasserverlust vorzubeugen, eine andre Art des Verschlusses wählen, und dieses geschieht, wenn das Schütz oder die Klappe durch den Wasserdruck fest angepreſst wird. Dieser Wasserdruck erschwert aber die Bewegung entweder unmittelbar oder mittelbar durch Vergröfserung der Reibung und in beiden Fällen wird der Widerstand um so stärker, je gröfser das Gefälle der Schleuse und der Querschnitt der Durchfluſs-Oeffnung ist.

Zunächst mag von dem Hebel die Rede sein, der vielfach angewendet wird. Man kann ihn auf zwei verschiedene Arten benutzen, indem er entweder durch einen Zug die Oeffnung schlieſst oder frei macht, oder stofsweise wirkt und jedesmal nur wenig das Schütz oder die Klappe verschiebt. Die erste Methode ist in allen Fällen, wo es auf Beschleunigung ankommt, vortheilhafter als die zweite, aber sie verbietet sich gemeinhin dadurch, dafs der Weg, den die Last beschreibt, zu geringe ausfällt, vorausgesetzt, dafs man durch Darstellung des richtigen Verhältnisses zwischen beiden Armen die disponible Kraft gehörig berücksichtigt. Nichts desto weniger hat man dennoch zuweilen diese Anordnung getroffen, und sie hat bei Benutzung des Kegelventils, welches nicht hoch gehoben werden darf, sich auch zweckmäfsig gezeigt.

Auch zum Heben der Schütze in den Thoren hat man den Hebel in der Art angewendet, dafs durch einen einzelnen Stofs die Oeffnung frei wird. Die Höhe der gewöhnlichen Schütz-Oeffnungen verbietet zwar eine solche Anordnung des Hebels, es ist indessen schon oben darauf hingewiesen, dafs man, ohne die Wirkungen zu schwächen, oder den Widerstand zu vermehren, eine höhere Oeffnung in mehrere über einander befindliche niedrige Oeffnungen zerlegen kann. Indem alsdann die verschiedenen schmalen Schütze unter sich verbunden sind, so ist die Hubhöhe der Zugstange der Anzahl der Oeffnungen umgekehrt proportional, und läfst sich dadurch auf ein so geringes Maafs zurückführen, dafs ein einzelner Zug des Hebels schon zu ihrer Darstellung genügt.

Diese Einrichtung ist bei der Schleuse zu Royaumont an der

Oise getroffen, wiewohl der Hebel daselbst nicht in seiner gewöhnlichen einfachen Form angebracht ist. Man kann nämlich der Drehung eines Hebels, ohne das Verhältnifs der beiden Arme zu ändern, eine bedeutend gröfsere Ausdehnung geben, wenn man den kürzern Arm mit einem gezahnten Quadranten versieht und diesen in eine gezahnte Stange greifen läfst. Diese Anordnung ist an der benannten Schleuse getroffen. Es befinden sich in jedem Thor derselben drei Schützöffnungen von 7 Fufs Breite und 5½ Zoll Höhe über einander, und werden getrennt durch 2 Riegel von 8½ Zoll Höhe. Die drei Schütze sind durch drei eiserne Bänder unter sich verbunden, so dafs sie gleichzeitig gehoben und herabgelassen werden. Diese Bänder vereinigen sich in der Zugstange, welche oben mit Zähnen versehn ist. Letztere greifen in die Zähne eines Quadranten von nur 4 Zoll Radius ein, und dieser bildet den kürzeren Hebelsarm. Der längere Arm des Hebels, aus einer eisernen Stange bestehend, ist, wenn die Schütze geschlossen sind, aufwärts gerichtet, indem er aber niedergelegt und in eine horizontale Lage gebracht wird, hebt er die Zugstange 6 Zoll hoch, wodurch die Oeffnungen frei werden. Diese Anordnung wird von Minard zur Nachahmung empfohlen.

Die gewöhnliche Anwendung des Hebels zum Ziehn der Schütze ist indessen hiervon wesentlich verschieden, indem man ihn in ähnlicher Weise, wie bei den Freiarchen geschieht, stofsweise wirken läfst, er also nur durch wiederholtes Heben und Senken die Oeffnung frei macht oder schliefst.

In unsern ältern Schleusen bestand die an das Schütz befestigte Zugstange aus einer eisernen Schiene, die in Abständen von etwa 3 Zoll mit Löchern versehn war. In diese wurden Bolzen gesteckt, die theils von dem Hebel gefafst wurden, theils aber sich auf die Laufbrücke des Thors legten, und das Herabfallen der Schütze verhinderten. Der Hebel war ein langer schwerer Baum, der über die Wendesäule herausreichte, und von der Schleusenmauer aus abwechselnd gehoben und herabgedrückt wurde. Gewöhnlich waren zwei Arbeiter mit der Handhabung dieses Hebels beschäftigt, während ein dritter auf dem Thor stand und die Bolzen in die Zugstange einsetzte und auszog. Das Verfahren beim Ziehn des Schützes war folgendes. Nachdem der lange Arm des Hebels gehoben, also der kurze gesenkt ist, schiebt der dritte Ar-

beiter in das unterste Loch der Zugstange, welches über dem kurzen Hebelsarme frei ist, einen Bolzen ein. Dieser Bolzen legt sich, sobald der kürzere Hebelsarm wieder angehoben wird, auf denselben auf, indem letzterer mit einem Schlitz versehn ist, durch welchen die Zugstange hindurchgreift. Sobald durch den Hebel die Zugstange gehoben ist, so steckt der auf dem Thor stehende Arbeiter einen zweiten Bolzen in das unterste Loch der Stange über dem in der Laufbrücke angebrachten Schlitz. Alsdann wird der lange Hebelsarm gehoben und der erste Bolzen in das folgende Loch der Zugstange eingesetzt, u. s. w. Beim Herablassen des Schützes, das, wenn es frei wäre, gewöhnlich von selbst niederfallen würde, muſs die ganze Operation in ähnlicher Weise wiederholt werden.

Auch in späterer Zeit hat man mit einigen Abänderungen den Hebel beibehalten, ihn jedoch in einen zweiarmigen umgeändert. Fig. 343a. auf Taf. XLVIII. zeigt diese Einrichtung in ihrer Zusammensetzung und zwar in der Ansicht von vorn, *b* stellt dagegen den Hebel in der Ansicht von der Seite und von oben dar. Die Drehung des Hebels erfolgt um einen starken Bolzen, der an einer, mit den obern Riegeln des Thors verbundenen kurzen Säule befestigt ist. Auf diesen Bolzen ist der eiserne Hebel gesteckt. Letzterer ist aber mit einem Schlitz versehn, durch welchen die Zugstange gezogen ist. Indem die Zugstange bald an den einen und bald an den andern Hebelsarm gehängt wird, so muſste sie im obern Theil, soweit sie den Hebel berührt, gespalten werden. Sie bildet daher einen lang ausgezogenen Ring, dessen lichte Weite etwa 4 Zoll beträgt. Die Abstände der Bolzenlöcher von der Drehungsachse oder die Länge des jedesmaligen kürzeren Hebelsarms beträgt etwa 3 Zoll. Ein Vorzug dieser Einrichtung vor der ältern beruht darauf, daſs man das Herabfallen des Schützes nicht durch einen besondern Vorsteckbolzen verhindern darf, auch die Hebel nicht nutzlos zurückbewegt werden, vielmehr bei jeder einzelnen Bewegung des Hebels das Schütz etwas ansteigt. Nichts desto weniger sind auch bei dieser Hebe-Vorrichtung drei Mann erforderlich, nämlich zwei zur Bewegung der Hebel und ein dritter zum Verstellen der Bolzen. Nur in dem Fall, daſs man nach jedem Hube eine kurze Pause eintreten läſst, können die beiden ersten Arbeiter zugleich die Bolzen versetzen.

Das Herablassen des Schützes geschieht mittelst dieser Vorrichtung sehr einfach und ohne Anwendung äufserer Kraft, in der Art, dafs nur die Bolzen verstellt werden, indem die Bewegung des Hebels schon durch das Gewicht des Schützes hervorgebracht wird. Soll z. B. das Schütz aus der Stellung, welche die Figur zeigt, herabgelassen werden, so darf man nur den abwärts gekehrten linkseitigen Arm noch etwas tiefer herabdrücken, um den Vorsteckbolzen an derselben Seite herausziehn zu können. Der Druck des andern Bolzen veranlafst alsdann die Drehung des Hebels und zwar langsam genug, um in der Zwischenzeit den Bolzen in das nächst oberhalb befindliche Loch zu stecken, ehe der Hebel es verdeckt. Sobald der Hebel gegen diesen Bolzen schlägt, hat er ein so bedeutendes Moment der Trägheit erlangt, dafs er nicht augenblicklich zur Ruhe kommt, er dreht sich vielmehr noch etwas weiter, so dafs der andre, auf der rechten Seite befindliche Bolzen frei wird. Man zieht nunmehr diesen Bolzen heraus, und setzt ihn gleichfalls in das nächst darüber befindliche Loch ein. Auf diese Art dreht sich der Hebel von selbst, bald in der einen, bald in der andern Richtung, und der Arbeiter darf nur die Bolzen, sobald sie jedesmal gelöst sind, ausziehn und in die folgenden Löcher einsetzen.

Es braucht kaum darauf aufmerksam gemacht zu werden, dafs dieses letzte Verfahren nur Anwendung findet, wenn kein strarker Wasserdruck besteht, oder die Wasserstände zu beiden Seiten des Thors beinahe im Niveau stehn. Zum Schliefsen des Schützes gegen den Wasserdruck ist die Vorrichtung nicht geeignet, denn wenn man auch die Bolzen unter dem Hebel einsetzen kann, so ist die Zugstange gewöhnlich zu schwach, um einen starken Druck zu übertragen, sie würde vielmehr in diesem Falle verbogen werden.

Die Vorsteckbolzen lassen sich durch Sperrhaken ersetzen, welche in Zähne eingreifen, mit denen die Zugstange an einer Seite, statt der Bolzenlöcher, versehn ist. Eine einfache Einrichtung dieser Art zeigt Fig. 344, Dieselbe wird an den Schleusen des Schleswig-Holsteinschen Canals zum Ziehn der Schütze in den Umläufen benutzt. Ein Knieholz, verbunden mit einer kurzen Querschwelle bildet den Fufs, auf dem eine eiserne Stütze steht, deren oberes Ende die Drehungsachse des Hebels trägt. Der vor-

dere Theil dieses Hebels besteht aus Eisen und ist mit einer lang ausgezogenen Oeffnung versehn, durch welche die Zugstange geführt ist, daneben befindet sich der Sperrhaken, der die Zugstange faſst. Der längere Arm des Hebels besteht groſsentheils aus Holz. An der erwähnten Querschwelle ist noch ein zweiter Sperrhaken angebracht, wodurch das Herabsinken der Zugstange verhindert wird. Man bemerkt leicht, wie durch abwechselndes Heben und Herabdrücken des längern Armes die Zugstange gehoben wird. Beide Sperrhaken stellen sich von selbst ein, indem die Zähne abwärts gekehrt sind, und so wird das Schütz beim Herabdrücken jenes Armes durch den obern Haken gehoben, während der untere es bei der entgegengesetzten Bewegung in seiner Stellung erhält.

Zum Herablassen des Schützes, falls dieses einigen Widerstand finden sollte, ist die beschriebene Einrichtung nicht zu gebrauchen, dagegen kann das Schütz, sobald es durch sein Gewicht herabsinkt, ziemlich bequem und schnell geschlossen werden. Um den untern Sperrhaken zu lösen, muſs man den Hebel etwas herabdrücken. Hierzu ist jedoch nur wenig Kraft erforderlich, da mit dem Wasserdruck auch die Reibung verschwunden ist, welche vorzugsweise das Heben des Schützes erschwerte. Der Arbeiter faſst in diesem Fall mit der linken Hand den Hebel an dem eisernen Bügel, und wenn er daran einen geringen Druck ausgeübt hat, so greift er mit der Rechten den untern Sperrhaken, löst denselben aus, und stellt ihn wieder ein, sobald das Schütz soweit, als der Hebel gestattet, gesunken ist. Hierauf greift er, während die Linke fortwährend den Bügel des Hebels hält, wieder in den obern Sperrhaken, löst diesen und läſst ihn einfallen, nachdem der längere Hebelsarm herabgesunken ist.

Bei den Schleusen des Ems-Canals zwischen Hahnekenfähr oberhalb Lingen und Meppen hat man die Zugstange nicht nur mit abwärts, sondern auch mit aufwärts gekehrten Zähnen versehn, und dadurch den Hebel auch zum Herabdrücken des Schützes, oder zum Schlieſsen des Umlaufs eingerichtet, während der Wasserdruck noch das Herabfallen des Schützes verhindert. Der Hebel, an einem kurzen Pfosten befestigt, ist an dem äuſsern Ende gespalten, und umfaſst die Zugstange. Die Sperrhaken, welche in die beiderseitigen Zähne der Zugstange eingreifen, werden durch die gegenüberstehenden, passend geformten Ränder eines im mitt-

leren Theil gespaltenen Bügels, gebildet, der die Zugstange umfafst, und in der Mittellinie der letztern durch zwei Bolzen mit den beiden Hälften des kurzen Hebelarmes verbunden ist. Die Figur 345 zeigt diesen Bügel in der Seitenansicht, und zwar in derjenigen Stellung, wobei er in die abwärts gekehrten Zähne eingreift. Man bemerkt auch leicht, dafs in dieser Stellung eben sowohl, wie in der entgegengesetzten, die durch punktirte Linien angedeutet ist, derjenige Sperrhaken, der gerade benutzt wird, immer von selbst eingreift, indem die andre Hälfte des Bügels ihn gegen die Zähne drückt. Der zweite Sperrhaken, der das Herabfallen des Schützes während des Rückganges des Hebels verhindert, ist mit einem zweiten kurzen eisernen Hebel verbunden, wodurch seine Auslösung beim gewöhnlichen Herablassen des Schützes erleichtert wird. Dieser kurze Hebel würde indessen das Einfallen des Sperrhakens verhindern, er trägt daher am andern Ende, hinter der Zugstange, noch ein Gegengewicht, welches ein sanftes Einschlagen des Sperrhakens veranlafst. Falls aber der letztere nicht eingreifen soll, so darf nur dieses Gewicht ausgehoben werden, wodurch der Sperrhaken aufser Thätigkeit gesetzt wird.

Soll das Schütz gezogen werden, so wird diejenige Einstellung gewählt, welche die Figur zeigt, und man bemerkt leicht, dafs nur der Haupthebel auf und ab bewegt werden darf, um die Zugstange nach und nach zu heben. Beide Sperrhaken greifen von selbst in die abwärts gekehrten Zähne ein, ohne das Aufsteigen der Zugstangen zu verhindern. Dieselbe Einstellung aller Theile dient auch zum Herablassen des Schützes, falls dasselbe nicht durch den Wasserdruck zurückgehalten wird. Hierbei müssen jedoch die Sperrhaken jedesmal gelöst werden. Dieses erfolgt etwas bequemer als bei der früher beschriebenen Methode durch den zweiten Hebel, wie auch dadurch, dafs der obere Sperrhaken sich leichter fassen läfst. Wenn endlich der Fall eintritt, dafs das Schütz, ehe das Unterwasser gehoben ist, geschlossen werden soll, sein Herabsinken also durch die Reibung in Folge des Wasserdrucks verhindert wird, so schlägt man den Bügel, woran die beiden Sperrhaken sich befinden, nach der andern Seite um, so dafs die aufwärts gekehrten Zähne gefafst werden. Die punktirten Linien zeigen diese Stellung. Aufserdem hebt man das Gegengewicht am Ende des kleinen Hebels ab, wodurch der untere Sperrhaken aufser Wirk-

samkeit gesetzt wird. Derselbe ist in diesem Fall entbehrlich, da nur die Reibung des Schützes überwunden werden soll, dasselbe also in jeder Stellung, die es nach und nach einnimmt, ohne weitere Unterstützung stehn bleibt. Mittelst des Haupthebels wird, nachdem diese Einstellung gemacht ist, das Schütz stofsweise herabgedrückt, und es tritt dabei nur die Unbequemlichkeit ein, dafs die Kraft-Aeufserung beim Aufheben des Hebels erfolgen mufs. Doch ist die hierzu erforderliche Kraft geringer, als beim Ziehn des Schützes, wobei nicht nur die Reibung, sondern auch das Gewicht desselben zu überwinden ist.

Die ganze Anordnung der Schleusen in diesem Canal machte eine besondere Vorsicht auf das sichere Schliefsen der Schütze, während starke Strömungen in den Umläufen stattfinden, nothwendig. Die unterste Schleuse, bei Meppen, consumirt nämlich, weil sie gekuppelt ist, mehr Wasser, als die obern, und dieser Mehrbedarf kann ihr nur durch die Umläufe der letztern, so oft es nöthig ist, zugeführt werden.

Ueber die sonstigen mechanischen Vorrichtungen zum Schliefsen und Oeffnen der Schütze oder Klappen ist wenig zu bemerken. Die einfache Rolle, verbunden mit einer Winde, die Fig. 331 auf Taf. XLVIII dargestellt ist, wird man nur bei kleinen Oeffnungen benutzen können, sie gestattet auch nicht das Herabdrücken des Schützes gegen den Wasserdruck, dagegen gewährt sie den Vortheil, dafs der Arbeiter nicht auf das Thor zu treten braucht, sondern von derselben Stelle aus das Schütz ziehn und das Thor drehn kann. Man mufs aber einen Arm der Winde gegen einen in den Drehbaum gesteckten Pflock lehnen, damit das Schütz bei geringem Wasserdruck nicht von selbst sich schliefst.

Es ist bereits erwähnt, dafs man in England bei kleinen Canalschleusen dem Schütz zuweilen eine schräge Stellung gegeben hat, wodurch die Zugstange vom Drehbaum aus bewegt werden kann. Derselbe Vortheil wird auch durch die Fig. 312 auf Taf. XLIV dargestellte Einrichtung des Verschlusses der Oeffnung mittelst eines Schiebers erreicht, die man in England mehrfach zur Ausführung gebracht hat.

Die am häufigsten vorkommende Vorrichtung zum Ziehn der Schütze besteht in einem Getriebe, welches in die gezahnte Zugstange eingreift. Zuweilen wird dieses Getriebe unmittelbar

durch eine Kurbel, gewöhnlich aber, um einen stärkern Druck auszuüben, vermittelst eines Vorgeleges gedreht. Das Räderwerk befindet sich in einem eisernen Kasten, und aus diesem tritt nicht nur die Kurbelachse heraus, sondern auch zugleich ein Sperrrad, in welches ein Haken eingreift, den man, wenn das Schütz herabgelassen werden soll, zurückschlagen mufs. Gewöhnlich setzt sich dieser Kasten bis zum obern Rahm fort, und ist daselbst befestigt. Oft hat er indessen auch nur eine geringere Höhe, und steht auf vier eisernen Füfsen. Diese Vorrichtung, wenn sie passend angeordnet ist, zeigt sich als sehr brauchbar, man kann damit das Schütz nicht nur heben, sondern es auch selbst bei starkem Wasserdruck sicher schliefsen. Dazu ist jedoch erforderlich, dafs die Zugstange hinreichend stark sei, um sich nicht zu verbiegen. Das Herablassen des Schützes, nachdem der Wasserdruck aufgehört hat, erfolgt gemeinhin sehr einfach dadurch, dafs man den erwähnten Sperrhaken auslöst. Das Gewicht des Schützes ist alsdann an sich schon hinreichend, um Rad, Getriebe und Kurbel zu drehn. Doch darf man bei schweren Schützen, oder wenn kein Vorgelege angebracht ist, die Maschine nicht von selbst herablaufen lassen, weil der Stofs am Ende der Bewegung das Räderwerk beschädigen könnte.

Indem die Kraft, welche zum Drehn der Kurbel erforderlich ist, von dem Verhältnifs des Kurbelbuges zum Radius des Getriebes abhängig ist, letzteres aber so grofs gemacht werden mufs, dafs die nöthige Anzahl der Zähne von hinreichender Stärke darauf angebracht werden kann, so mufs, wenn kein Vorgelege benutzt wird, die Kraft, welche die Kurbel in Bewegung setzt, etwa dem vierten Theil des Gewichts und der Reibung des Schützes gleich sein. Man kann indessen ein vortheilhafteres Verhältnifs darstellen, also auch bei schwereren Schützen das Vorgelege entbehren, wenn das Getriebe wie auch die gezahnte Stange aus zwei Theilen besteht, die nur mit der halben Anzahl von Zähnen versehn, jedoch so gegen einander verschoben sind, dafs jedesmal dem Zahne des einen Theils der Einschnitt zwischen zwei Zähnen des andern gegenübersteht. Man stellt dadurch in der That ein eben so sichres Eingreifen der Zähne dar, als wenn das Getriebe noch einmal so viele Zähne hätte. Wäre die geringste Anzahl der Zähne, die man dem Getriebe geben mag, zehn, so kann man bei der erwähnten

Anordnung Getriebe von fünf Zähnen wählen, also den Durchmesser auf die Hälfte vermindern, wodurch bei gleicher Kurbellänge und gleicher Kraft der Effect verdoppelt wird. Bei Englischen Canalschleusen findet man zuweilen diese Einrichtung, sie bietet auch in der Construction keine weiteren Schwierigkeiten, als dafs man zwei gleichmäfsig mit Zähnen versehene Getriebe und zwei Zugstangen gebraucht, die um eine halbe Zahnweite versetzt, unmittelbar an einander befestigt werden.

Endlich wird auch die Schraube häufig zur Bewegung der Schütze benutzt, und zwar in der Art, dafs die Zugstange mit einer Schraubenspindel verbunden ist, deren Mutter mit cylindrischem Halse versehn in einer Pfanne in angemessener Höhe über der Laufbrücke ruht. An der äufsern Fläche ist die Mutter mit Zähnen versehn, und zwar bildet sie ein konisches Rad, welches in ein zweites konisches Rad an der Kurbelachse greift. Auf diese Weise erhält letztere, wie es auch am vortheilhaftesten ist, eine horizontale Lage, während die Schraubenmutter sich um eine senkrechte Achse dreht. Der Anbringung eines Sperrhakens bedarf es in diesem Falle nicht, da die Reibung am Schraubengewinde schon genügt, um das Schütz gegen das Herabfallen zu sichern. Soll dasselbe aber herabgelassen werden, so mufs man die Kurbel und mit ihr die Schraubenmutter zurückdrehn. Wollte man das Schütz aber unter starkem Wasserdruck herablassen, so würde dieses dadurch nicht gesenkt, sondern die Schraubenmutter aus der Pfanne gehoben werden. Man könnte solches vermeiden, wenn man die Mutter auch oben mit einem Halse und einer zweiten Pfanne versehn wollte, was jedoch nicht üblich ist. Der gröfste Uebelstand bei Anwendung der Schraube ist aufser der starken Reibung, auch die Langsamkeit der Bewegung des Schützes.

Bei den Fig. 309 auf Taf. XLIV dargestellten Thoren der beiden Schleusen, die zum Junction-Dock in Hull führen, ist gleichfalls die Schraube zum Oeffnen und Schliefsen der Schütze benutzt, dieselbe ist hier aber in der Art zur Anwendung gekommen, dafs die Schütze nicht nur gehoben, sondern auch unter starkem Wasserdruck gesenkt werden können. Von der eigenthümlichen Anordnung dieser Schützöffnungen, die dadurch frei gemacht werden, dafs zwei Schütze sich heben, und zwei sich

senken, war bereits die Rede. Hierdurch wurde die Bedingung eingeführt, dafs die Schütze nicht in Ketten hängen durften.

Die Schraube, welche durch eine mit Seitenarmen versehene Spindel, die man auf ihren vortretenden Kopf stellt, gedreht wird, ist sowohl oben wie unten unterstützt, so dafs sie sich nicht heben kann. Ihre Mutter steht mit der Zugstange in Verbindung, welche zwei darunter befindliche Schütze fafst. Diese Zugstange setzt aber zugleich die beiden andern Schütze in Bewegung, indem sie mit den seitwärts eingeschnittenen Zähnen in ein Rad greift. Letzteres fafst auf der gegenüber stehenden Seite eine zweite gezahnte Zugstange, die mit den beiden andern Schützen fest verbunden ist, und sonach dieselben eben so tief herabdrückt, wie die ersten gehoben werden.

Dafs in grofsen Schleusen die Schütze der Umläufe zuweilen nicht durch Menschenkraft, sondern durch Wasserdruck bewegt werden, ist bereits am Schlufs von § 71 erwähnt, und daselbst die Einrichtung der betreffenden Maschinen angedeutet.

Schliefslich wäre noch zu erwähnen, dafs eine eigenthümliche Art von Umläufen bei Seeschleusen zum Spülen der Thorkammern und Vorböden benutzt wird. In Liverpool bestanden schon andre ähnliche Anlagen vor den Kaimauern der Vorhäfen. Es waren darin nämlich Canäle mit vielfachen Verzweigungen angebracht, durch welche man zur Zeit des niedrigsten Wassers Strahlen aus dem Dock austreten liefs, welche die Niederschläge vor den Mauern beseitigten, so dafs Schiffe hier anlegen konnten.

In gleicher Weise hat der Ingenieur Hartley bei Erbauung des Coburg-Docks verzweigte Umläufe in die Flügelmauern gelegt, durch welche der Zugang zur Schleuse gespült und offen erhalten wird. Die Thore dieses Docks sind schon oben (§ 67) beschrieben. Sie schlagen, wie immer geschieht, nach der innern Seite des Docks auf. Der Drempel ist durch ein verkehrtes Gewölbe gebildet. Der gemauerte Boden an der äufsern Seite tritt wie Fig. 346 auf Taf. IL *a* im Grundrifs und *b* im Längendurchschnitt zeigt, noch weiter vor und schliefst sich an die Flügelmauern an.

Die beiden mit *A* und *B* bezeichneten Oeffnungen in der Mauer sind die Mündungen derjenigen Canäle, durch welche die vier Ketten zum Oeffnen und Schliefsen der Thore gezogen sind.

Beide Figuren zeigen aufserdem die Umläufe, die zum Spülen der Schleusenmündung und zum Theil auch des Thorkammerbodens dienen. Der obere Theil des Grundrisses ist im horizontalen Querschnitt der Schleuse und zwar unmittelbar über dem Thorkammer- und Hinterboden gezeichnet, so dafs er den Umlauf nebst allen Abzweigungen desselben zeigt. Dieser Umlauf besteht zunächst in einem 3 Fufs breiten und 4½ Fufs hohen Canal, der am Ende der Thorkammer beginnt, neben dem Drempel vorbeiführt und sich bis ans Ende der Flügelmauern, also an jeder Seite im Ganzen in einer Länge von nahe 250 Fufs hinzieht. Die Hauptschütze, wodurch diese Canäle geschlossen werden, liegen hinter dem Drempel, und zwar sind, um einen ganz sichern Schluſs zu bewirken, jedesmal zwei derselben neben einander angebracht. Die Ketten, an welchen sie gehoben und herabgelassen werden, sind durch den Schacht *C* geführt, der in der untern Hälfte der Figur *a* sichtbar ist.

Die obere Mündung jedes Umlaufs besteht in neun kleinen niedrigen Oeffnungen, die unmittelbar über dem Thorkammerboden in der Thornische angebracht sind. Diese Oeffnungen sind 1 Fufs hoch, und grofsentheils 3 Fufs breit. Sie verursachen, sobald der Umlauf in Wirksamkeit tritt, eine kräftige Strömung dicht über dem Thorkammerboden, und setzen dadurch den hier abgelagerten Schlick in Bewegung, den sie in sich hineinziehn und in die Mersey führen. Die Ausmündungen bestehn dagegen in sieben gröfsern Canälen, die ziemlich gleichmäfsig auf die ganze Länge der Flügelmauer vertheilt sind. Jeder derselben ist mit einem besondern Schütz versehn, das gleichfalls in einem senkrechten Schacht sich befindet.

Der erste dieser Canäle ist, wie die Figur zeigt, nicht gespalten, und tritt unmittelbar hinter dem Drempel rechtwinklig gegen die Schleusenachse auf den gemauerten Hinterboden. Er erzeugt sonach an der Stelle, wo besonders Ablagerungen zu besorgen sind, einen kräftigen Spülstrom, der selbst auf den Drempel sich ausdehnt. Alle übrigen Ausmündungen liegen in den Flügelmauern und spalten sich jedesmal in fünf Arme, die durch Oeffnungen von 1 Fufs Höhe und 2½ Fufs Weite über dem natürlichen Boden vor der Schleuse austreten. Indem man jedesmal nur einen dieser sieben Canäle in Wirksamkeit setzt, so ist die Strömung in

den Mündungen derselben stark genug, um die gewünschte Vertiefung zu bewirken. Die Erhaltung der Tiefe neben den Flügelmauern ist aber insofern wichtig, als dadurch Gelegenheit geboten wird, dafs kleine Fahrzeuge und namentlich Personen-Dampfböte, die unabhängig von der Fluth zu bestimmten Stunden ankommen und abgehen, hier anlegen können.

§ 73.

Nebentheile der Schleusen.

Einzelne Nebentheile, die im Vorstehenden entweder gar nicht erwähnt, oder nur kurz berührt sind, kommen bei allen Schiffsschleusen vor, andre dagegen nur unter besondern örtlichen Verhältnissen. Sie dienen theils zur Sicherung der Schleusen und zugehörigen Canäle, theils aber bezwecken sie eine Erleichterung der Schiffahrt und gröfsere Bequemlichkeit im Gebrauch der Schleuse. Von den ersteren soll zunächst die Rede sein.

Schon bei der Bezeichnung der einzelnen Schleusen-Theile (§ 63) ist darauf hingewiesen, dafs die gewöhnlichen Schiffsschleusen zur Abführung des Hochwassers und überhaupt zum Durchlassen grofser Wassermassen nicht dienen können, und dafs sie sowohl selbst, wie auch die zugehörigen Canäle sehr starken Versandungen und sonstigen Beschädigungen ausgesetzt sein würden, wenn man das Hochwasser hindurchströmen liefse. Die beiden Thorpaare können in solchem Fall nicht gleichzeitig geöffnet werden, weil sie sich nicht öffnen lassen, sobald eine, wenn auch nur mäfsige Niveau-Differenz zu beiden Seiten derselben noch besteht. Wäre dieses aber auch möglich, so mag man dennoch nicht die Thore und Drempel dem Angriff der mit dem Hochwasser hindurchtreibenden Geschiebe und Eismassen aussetzen.

In America theilt man freilich dieses letzte Bedenken nicht, und hat, wie bereits § 47 mitgetheilt, bei Canalisirung des Lehigh-Flusses in Pensylvanien die Schleusen in den Unterhäuptern mit Klappthoren versehn (Fig. 193 auf Taf. XXII), die durch den Wasserdruck, der auf beiden Seiten des Thors in Wirksamkeit gesetzt werden kann, geöffnet und geschlossen werden. Wenn daher die Oberthore, welche gewöhnliche Stemmthore sind, nach dem

Anfüllen der Thorkammer geöffnet werden, so läfst sich das in Rede stehende Klappthor niederlegen, wodurch die Schleuse sich in eine Freiarche verwandelt. Der starke hindurch gehende Strom kann auch wieder durch Aufrichten des Thores unterbrochen werden.

Um mäfsige Wassermassen abzuführen, zieht man nicht selten sowohl in den Oberthoren wie in den Unterthoren die Schütze, zuweilen ergiefst sich auch das Hochwasser von selbst in die Schleuse, insofern das Oberhaupt und die Oberthore nicht die erforderliche Höhe haben, um dieses zu verhindern. In beiden Fällen wirken die Thore in ähnlicher Weise wie Coupirungen, die man in einem Stromarm erbaut, welcher verlanden soll. Ein kräftiger Strom tritt hinein und führt feinen Kies und Sand zu. Da aber in den theilweise sehr grofsen Profilen die Strömung viel schwächer ist, so bleiben diese zugeführten Massen in der Schleuse und im Canal liegen, und ehe nach dem Abgange des Hochwassers die Schifffahrt wieder eröffnet werden kann, mufs man ausgedehnte Räumungs-Arbeiten vornehmen.

Es ergiebt sich hieraus, dafs Kammerschleusen, die zur Seite von Strömen liegen, zur Abführung des Hochwassers nicht benutzt werden dürfen, vielmehr das Wehr und die zugehörige Freiarche zu diesem Zweck schon genügen müssen. Eben so nöthig ist es aber auch, dafs das Oberhaupt und die darin befindlichen Thore eine solche Höhe haben, dafs sie nicht überfluthet werden. Diese Bedingung ist in vielen Fällen, namentlich wenn das Hochwasser bis zu bedeutender Höhe sich erhebt, und ein niedriges Vorland sich seitwärts weit ausdehnt, nicht leicht zu erfüllen. Dazu kommt auch, dafs höhere Thore schwerer, also im Gebrauche unbequemer werden, und selbst die grofse Höhe der Seitenmauern des Oberhaupts manche Unbequemlichkeit beim Durchgange der Schiffe veranlafst. Dieses ist der Grund, weshalb man zuweilen die Schleusenmauern und Thore nicht bis zum höchsten Wasser heraufreichen läfst.

In vielen Fällen, namentlich wenn die Thore mit Drehbäumen versehn sind, die einige Fufs hoch über den Mauern liegen, bietet sich Gelegenheit, durch aufgesetzte Bohlen die Thore, so oft es nöthig ist, zu erhöhen. Auch in andern Fällen kann die Handlehne der Laufbrücke zu gleichem Zweck benutzt werden, oder es läfst sich durch horizontale Streben solche Ueberhöhung befestigen,

die gemeinhin keinem starken Wasserdruck ausgesetzt ist, da namentlich zur Zeit der höchsten Anschwellungen die Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser nur gering zu sein pflegt. Nichts desto weniger bleiben diese Vorsichts-Maafsregeln bei plötzlichem Steigen des Wassers, und namentlich bei Schleusen, die nicht neben gröfsern Ortschaften liegen, immer zweifelhaft. Dazu kommt noch, dafs auch über den Schleusenmauern und bis zum Anschlufs an höhere Ufer oder Deiche der Uebertritt des Wassers verhindert werden mufs.

Bei Schleusen in Schiffahrts-Canälen sind ähnliche Vorkehrungen gegen Ueberströmungen meist entbehrlich, aber nichts desto weniger tritt auch bei ihnen häufig das Bedürfnifs ein, bedeutende Wassermassen aus den vorhergehenden in die folgenden Strecken abzulassen. Am zweckmäfsigsten ist es daher, wenn man neben den Schleusen Freiarchen erbaut, die in solchen Fällen auch gewöhnlich vorkommen. Die Anlage derselben erleichtert man zuweilen dadurch, dafs man sie unmittelbar neben die Schleusen stellt, so dafs die mittlere Mauer beiden gemeinschaftlich ist. Sind die Wassermengen, die abgeführt werden, nur geringe, so genügen dazu auch die Schütze in den Thoren, oder die Umläufe.

Demnächst gehören zu diesen Nebentheilen der Schleusen die Flügelmauern, welche die Schleusenhäupter mit den Canal-Ufern verbinden. Die Anordnung derselben ist sehr verschieden. Auf den Französischen und Englischen Canälen bilden sie gemeinhin spitze Winkel gegen die Schleusen-Achsen. Dieses ist ohne Zweifel für die Schiffahrt am bequemsten, indem dadurch das Einfahren in die Schleuse erleichtert wird. Es tritt aber dabei der Uebelstand ein, dafs die Flügel sehr lang, und sonach auch sehr kostbar werden. Besonders ist dieses der Fall, wenn man sie auf Pfahlroste stellen mufs, was jedoch bei diesen Canälen nur selten geschieht. Man erleichtert auch die Ausführung der Flügelmauern in England und Frankreich dadurch, dafs man sie dossirt und ihnen nur eine geringe Stärke giebt. Sie erhalten aber gemeinhin nicht auf ihre ganze Länge gleiche Dossirung, vielmehr wird diese bei gröfserer Entfernung von der Schleuse immer flacher. Bei Französischen Canälen läfst man sogar die Flügelmauer allmählig in die Dossirung der Canalufer übergehn. Diese ist anfangs senkrecht, wie die Schleusenmauer, erhält aber sogleich einige Neigung,

und indem dieselbe stets flacher wird, so erreicht sie bald diejenige Grenze, auf der zur Unterstützung der dahinter liegenden Erde keine eigentliche Futtermauer mehr erforderlich ist. Man ersetzt sie daher, und zwar wenn die Dossirung den Winkel von 45 Graden gegen das Loth bildet, durch ein Perré (§ 5), und auch dieses nimmt nach und nach eine flachere Dossirung an, bis es die für das ungedeckte Canalufer bestimmte Neigung erreicht, und sich an dieses anschliefst. Die Ausführung solcher Flügel erfordert gröfsere Aufmerksamkeit, als bei andrer Anordnung, da selbst geringe Unregelmäfsigkeiten sich in der ohne Unterbrechung fortlaufenden Fläche auffallend zu erkennen geben.

Oft gehn auch die Flügelmauern in scharfer Krümmung von der Schleuse aus, und erstrecken sich alsdann in gerader Richtung bis an das Canalufer. Die Sohle des Canals hat jederzeit eine Breite, die gröfser ist, als die Weite der Schleuse. Es ist auch keineswegs angemessen, den Canal neben der Schleuse zu verengen, weil alsdann die Schiffe daselbst sich nicht begegnen können, und dadurch das Durchschleusen verzögert wird. Eben so wenig ist es statthaft, neben den Schleusen steilere Dossirungen den Canalufern zu geben, wenn sie nicht anderweitig befestigt werden.

Die Länge der Flügel wird um so geringer, je stumpfer der Winkel ist, den sie mit der Achse der Schleuse machen, und sie wird ein Minimum, wenn dieser Winkel ein rechter wird. Es giebt indessen noch ein Mittel, wodurch man vorzugsweise eine rechtwinklig abgehende Flügelmauer bedeutend verkürzen kann, ohne eine Besorgnifs für die Erd-Dossirungen herbeizuführen. Dieses beruht darauf, dafs man im Canal selbst Wände bildet, welche die Dossirungen unter Wasser unterstützen. In Fig. 289 *a* auf Taf. XLI bemerkt man an der linken Seite, also im Obercanal der Schleuse, die Anfänge von zwei Spundwänden, welche nach Maafsgabe der Tiefe 10 bis 20 Fufs lang sind, und deren gegenseitiger Abstand mit der Sohlenbreite des Canals übereinstimmt. Ihre Höhe entspricht gewöhnlich der Höhe der Ufer und der Schleusenmauern. Der obere Rand der Uferdossirung des Canals wird alsdann vor der Schleuse in einem Quadrant herumgezogen, so dafs er sich an den obern Mauerrand der Schleuse und zwar rechtwinklig zur Längenrichtung der Schleuse anschliefst. Die Dossirung zur Seite jenes Quadranten bildet eine Kegelfläche, und am

Eingange in die Schleuse lehnt sich diese gegen die erwähnte Spundwand.

In den Americanischen Canälen wird die Schleuse häufig nicht in die Mitte des Canals, sondern an diejenige Seite desselben gelegt, wo der Leinpfad sich befindet, oder wenn solche auf beiden Seiten vorhanden sind, an diejenige, auf der die beladenen Schiffe gezogen werden. In dieser Weise trifft die eine Seitenmauer an den Rand der Canalsohle, und man erreicht dabei den Vortheil, dafs die beladenen Schiffe ohne Veränderung ihrer Richtung und möglichst nahe am Leinpfade hinein- und herausgezogen werden können. Auf der andern Seite erstrecken sich die Flügelmauern mit doppelter Krümmung bis zu den gegenüber liegenden Canalufern, und bilden weite Räume, worin die später durchzuschleusenden Schiffe ohne Störung des Verkehrs liegen können.

Sowohl vor, als hinter einer Schleuse bilden sich beim Durchgehn der Schiffe, besonders wenn die Oeffnungen zum Füllen und Leeren der Kammer recht grofs sind, heftige Strömungen. Im Oberwasser sind sie wenig nachtheilig, da sie hier nicht die Ufer treffen, vielmehr nach den Schütz-Oeffnungen gerichtet sind. Es mufs aber an die auffallende Erscheinung erinnert werden, dafs beim Ziehn der Schütze anfangs das Oberwasser sehr merklich und in vielen Fällen sogar bis 6 Zoll sich senkt. Dieses rührt davon her, dafs das Wasser, wie jeder andre schwere Körper, nicht momentan in Bewegung versetzt wird, vielmehr eine gewisse Zeit erforderlich ist, ehe es die angemefsne Geschwindigkeit annimmt. Es sinkt daher zunächst dasjenige Wasser, welches sich unmittelbar vor der Oeffnung befindet, während in einiger Entfernung das Oberwasser noch in vollkommener Ruhe bleibt, und erst zu fliefsen anfängt, sobald der Wasserspiegel sich senkt. Nach kurzer Zwischenzeit, und während die Kammer noch gefüllt wird, tritt ein Beharrungsstand im Oberwasser ein, indem der Zufluſs dem Abfluſs gleich ist, und abgesehn von dem geringen Gefälle, welches alsdann noch bleibt, hört jener tiefe Stand des Wassers auf.

Nachtheiliger sind die Strömungen unterhalb der Schleuse, hier tritt eine Wassermasse mit grofser Geschwindigkeit aus, die den allgemeinen mechanischen Gesetzen folgend, in der Richtung der Oeffnung sich fortbewegt, bis sie das Ufer trifft, oder durch andre Umstände abgelenkt wird. Das zur Seite, sowie

das darüber und darunter befindliche ruhende Wasser reifst sie mit sich fort. Dasselbe ersetzt sich dadurch, dafs in entgegengekehrter Strömung andres Wasser hinzufliefst und so bildet sich hier eine heftige Bewegung mit Wirbeln und Widerströmen, welche die Sohle, so wie die Ufer des Canals, angreift. Dieses geschieht schon, wenn auch in beiden Thoren die Schütze gleichmäfsig gezogen werden, also beide Ströme sich zu einem gemeinschaftlichen Strom vereinigen, der die Richtung der Schleusenachse verfolgt. Viel nachtheiliger ist es aber, wenn die Oeffnungen nicht symmetrisch liegen oder nicht gleichzeitig geöffnet werden, weil alsdann die Strömung seitwärts gerichtet ist, und ein Ufer trifft. Es stellt sich hiernach fast jedesmal das Bedürfnifs heraus, die Canalufer nächst unterhalb der Schleuse zu decken, und zwar eben so, wie hinter Freiarchen und Wehren geschieht, in der Sohle mittelst eines Sturzbettes, und an den Ufern durch Anbringung von Deckwerken mit Steinschüttung oder durch ein in Kies gebettetes starkes Pflaster. Wie weit dabei die Vorsicht getrieben werden mufs, und welche Ausdehnung man dieser Deckung zu geben hat, hängt von der Stärke und Richtung des Stoms ab.

Unter den Nebentheilen der Schleusen, welche die Erleichterung der Schiffahrt bezwecken, müssen die verschiedenen Vorrichtungen zum Befestigen der Schiffe erwähnt werden. Schon aufserhalb der Schleuse, und zwar vor beiden Mündungen derselben dürfen dergleichen nicht fehlen, damit die Schiffe, wenn sie nicht sogleich durchgelassen werden können, sicher zu befestigen sind.

Gewöhnlich stellt man Pfähle oder Schiffshalter, wie solche bereits §. 61 beschrieben sind, auf die Ufer. Die gegenseitigen Entfernungen derselben sind von der Länge der üblichen Schiffe abhängig. Sie müssen sich soweit längs des Canals hinziehn, als die Anzahl der zu Zeiten hier angesammelten Schiffe es fordert. Vor dem Eingange in die Schleuse stehn sie auch im Canal selbst, und dienen alsdann noch dazu, das Einfahren zu erleichtern. Es würde nämlich schwierig sein, ein dicht vor der Schleuse und zwar am Ufer liegendes Schiff hineinzubringen, weil es alsdann eine scharfe Wendung machen müfste. Man bildet daher noch eine Art von Flügeln, indem man verholmte Pfahlreihen vor den Eingang der Schleuse stellt. Die oben erwähnten Spundwände haben zum Theil

denselben Zweck. Bei den kleinern Englischen Canälen pflegt man auch starke Hölzer in der Höhe des Wasserspiegels gegen einige Pfähle zu befestigen. Dieselben geben den Schiffen beim Einfahren in die Schleuse die gehörige Richtung und dienen aufserdem zum Einsetzen der Haken oder zum Befestigen der Taue.

Auch in der Schleuse bedarf das Schiff der sichern Haltung, damit es durch die Strömung, die beim Oeffnen der Schütze entsteht, nicht zu heftig gegen die Seitenwände, oder wohl gar gegen die Thore gestofsen werde. Es befinden sich daher zu beiden Seiten der Kammer, und zwar hinter den Mauern, wieder Schiffshalter. Aufserdem pflegt man auch noch in der äufsern Fläche der Mauern Schiffsringe anzubringen, d. h. starke und gehörig verankerte eiserne Ringe, durch welche man von dem in der Schleuse liegenden Schiffe aus, Taue ziehn kann. In Fig. 47*a* auf Taf. V ist ein solcher Schiffsring dargestellt, er hängt an einer Oese, die mit einem Anker verbunden ist. Der Ring und eben so die Oese dürfen aber nicht vor die Mauer vortreten, weil sie sonst die Weite der Schleuse beschränken würden. Man bildet daher in dem Werkstück, worin sie sich befinden, eine Höhlung, die Beide aufnimmt. Bevor das Tau durch den Ring gezogen werden kann, mufs derselbe gefafst und etwas aufgehoben werden, was in manchen Fällen, und namentlich wenn es darauf ankommt, möglichst schnell das Tau zu befestigen, unbequem und störend sein kann. Auch wäre es möglich, dafs der Ring nicht von selbst zurückfiele, und indem er alsdann vor die Mauer vortritt, Veranlassung geben könnte, dafs ein Schiff sich dagegen klemmt. In beiden Beziehungen sind die festen eisernen Kreuze, die man Fig. 261*a* auf Taf. XXXV sieht, vorzuziehn. Sie liegen ganz in der Mauer, indem die Werkstücke, worin sie angebracht sind, mit halbkugelförmigen, oder ellipsoidischen Vertiefungen versehn sind. Die beiden Eisenstangen welche zusammen das Kreuz bilden, sind etwas gekrümmt, so dafs sie in der Mitte nahe in die Flucht der äufsern Mauerfläche treten, während ihre Enden tief genug in den Stein greifen, um gehörige Haltung zu haben. Da gemeinhin kein starker Zug gegen diese Kreuze ausgeübt wird, so begnügt man sich, die Enden der Stangen nur zu vergiefsen, doch erhalten sie gröfsere Festigkeit, wenn sie wie Anker tief in den Stein eingreifen.

Fig. 347 auf Taf. IL zeigt diese Anordnung. *a* ist die An-

sicht des in der ellipsoidischen Nische angebrachten Kreuzes und *b* der horizontale Durchschnitt durch die Mitte des Steins. Die horizontale Stange ist gekrümmt, und bildet einen Kreisbogen. Wenn es möglich wäre, die Bohrlöcher so auszuführen, dafs sie gleichfalls gekrümmt wären und in den Bogen desselben Kreises fielen, so könnte man, ohne bedeutenden Spielraum zu geben, die kreisförmig gekrümmte Stange vor dem Versetzen des Werkstücks einschieben. Da jedoch gekrümmte Bohrlöcher nicht darzustellen sind, so mufs man die geraden Bohrlöcher so erweitern, dafs die Stange noch hineingebracht werden kann. Dieses ist auch ohne Nachtheil, indem die Löcher vergossen werden. Man überzeugt sich aber leicht, dafs diese Stange, indem sie auf beiden Seiten sich gegen den Stein lehnt, sicher befestigt ist. Die andre Stange, welche die auf- und abwärts gerichteten Arme des Kreuzes bildet, liegt hinter der ersten, und lehnt sich gegen diese, woher ihre Befestigung weniger Vorsicht erfordert. Sie besteht aus einem Bügel, dessen Arme parallel auslaufen und in zwei entsprechende Bohrlöcher des Steins vergossen werden.

Gemeinhin ist der Zug gegen die Schiffsringe und Kreuze nicht so bedeutend, dafs ein Herausreifsen der Steine zu besorgen wäre. Nichts desto weniger würde eine solche Gefahr doch eintreten, wenn diese Steine sehr wenig in die Mauer einbänden, man mufs daher jedesmal hierzu Werkstücke anwenden, die hinreichend tief eingreifen und sorgfältig und zwar mit Anwendung von gutem Mörtel versetzt sind. Sollten diese Mafsregeln nicht genügend erscheinen, so sind hierbei in gleicher Art, wie an Hafenmauern geschieht, die Steine als Binder zu behandeln, die auch wohl durch angemessnen Fugenschnitt oder Verdübelung den Druck auf die nächsten Steine übertragen. Eine vollständige Verankerung der Schiffsringe gegen die hintere Fläche der Mauer, oder gegen besondere Ankerpfähle, ist aber jedenfalls bei Schleusen entbehrlich.

Dagegen kommt es bei Schleusen, welche die Eingänge von Seehäfen bilden, häufig vor, dafs kräftige Erdwinden darauf, oder daneben gestellt werden müssen, um die Schiffe hinein zu bringen. Auf den Seeschiffen selbst befinden sich freilich stets dergleichen Vorrichtungen, doch genügen diese nicht, um den zuweilen erforderlichen Zug auszuüben. Besonders bei ungünstigen Winden, oder wenn ein heftiger Strom in der Nähe der Schleuse stattfindet, tritt

dieses Bedürfniſs am stärksten ein', und gerade in solchem Fall wird die möglichste Eile geboten, um das Schiff in Sicherheit zu bringen. Auch beim Durchgange durch Dockschleusen, während das Wasser schon zu fallen beginnt, geschieht es wohl, daſs das Schiff die Schwelle berührt und dadurch festgehalten wird. Alsdann muſs es, indem das Schlieſsen der Thore unter allen Umständen geboten ist, mit der gröſsten Kraft sogleich hinein oder herausgebracht werden.

Daſs man in den Kammermauern zuweilen Treppen anbringt, ist schon oben (§. 63) erwähnt worden. Sie kommen selten vor, und können auch unbedenklich entbehrt werden, wenn nicht etwa gewisse Controlen oder Nachmessungen der durchgehenden Schiffe vorgenommen werden müssen. In diesem Fall ist es allerdings am wenigsten zeitraubend, wenn der nothwendige Aufenthalt des Schiffes in der Schleuse hierzu benutzt wird, und es weder vorher, noch nachher ans Ufer legen darf, um den Beamten aufzunehmen und abzusetsen. Die Anlage solcher Treppen ist aber mit namhaften Kosten verbunden wegen der nothwendigen Verbreitung der Kammermauern, und überdieſs ist sie auch für den Verkehr neben der Schleuse störend, besonders wenn man sie mit Geländern umgiebt. Eine einfachere Anordnung, die denselben Zweck erfüllt, und von den erwähnten Uebelständen frei ist, findet man zuweilen in Schleusen für Seeschiffe, sie ist nur weniger bequem, indem die Treppe sich in eine senkrecht stehende Leiter verwandelt. In der Kammermauer ist nämlich an passender Stelle ein senkrechter Falz eingeschnitten, von 8 Zoll Tiefe und 18 bis 24 Zoll Breite, und darin befinden sich im Abstande von etwa 3 Zoll von der Mauerfläche eiserne, oder kupferne Stäbe, welche die Sprossen der Leiter bilden und 1 Fuſs von einander entfernt sind. Wegen der geringen Tiefe des Falzes ist dabei eine Verstärkung der Mauer nicht erforderlich, und eben so ist auch die Anbringung eines Geländers entbehrlich, während andrerseits die Schiffe mit den Sprossen dieser Leiter gar nicht in Berührung kommen.

Bei Schleusen, die für den Durchgang von Flufsschiffen bestimmt sind, kommen vielfach noch zwei andre Treppen vor, nämlich auf den Canal-Ufern oder in den Flügelmauern neben beiden Eingängen zur Schleuse. Man muſs diese Treppen bei der gewöhnlichen Art des Schiffahrts-Betriebes als nothwendig be-

zeichnen, denn ein Theil der Mannschaft geht beim jedesmaligen Passiren einer Schleuse auf das Ufer, um theils den Schleusenwärter beim Oeffnen und Schliefsen der Schütze und Thore zu unterstützen, theils aber auch um die Taue und Fangleinen, woran das Schiff gehalten und gezogen wird, zu befestigen und zu lösen, und die sonst etwa erforderliche Hülfe zu leisten. Wenn diese Treppen nicht vorhanden sind, so steigen die Leute auf den Dossirungen der Ufer auf und ab, und indem sie jedesmal die festesten Stellen wählen, so zertreten sie auf grofse Strecken den Rasen. Die Treppen, die man erbaut um dieses zu verhindern, müssen aber nicht nur bequem, sondern auch fest sein, und am vortheilhaftesten ist es, sie seitwärts in die Flügelmauern zu legen. Dieses geschieht fast jedesmal am Unterhaupt, während es bei niedrigen Ufern am Oberhaupt oft entbehrlich ist, wenn man nämlich hier unmittelbar aus dem Schiff auf die Mauer treten kann.

Unsere Schleusen werden jedesmal eben so, wie die Französischen und grofsentheils auch die Niederländischen mit Pegeln versehn, von denen einer den Stand des Oberwassers, und ein zweiter den des Unterwassers angiebt. Diese Vorsicht begründet sich vollständig dadurch, dafs ein Blick auf die Pegel, deren Beziehung zu der Höhe der Drempel man kennt, genügend ist, um zu beurtheilen, ob ein Schiff von gewissem Tiefgange die Schleuse passiren kann, oder nicht. Aufserdem kann der Wärter einer Canalschleuse sich dadurch auch immer am leichtesten überzeugen, ob in der vorhergehenden und folgenden Strecke der normale Wasserstand gehalten wird, und ob er etwa, um diesen wieder darzustellen, die Schütze in der Schleuse, oder der Freiarche ziehn, oder die sonstigen Wasserlösen in Betrieb setzen soll.

Zur Beurtheilung der Wasserstände auf den Drempeln ist es am bequemsten, die Nullpunkte der Pegel in die Horizonte dieser Drempel zu legen. Der am Pegel beobachtete Wasserstand zeigt alsdann unmittelbar die Höhe des Wassers über dem betreffenden Drempel an. Nichts desto weniger legt man häufig die Nullpunkte beider Pegel in denselben Horizont, und zwar in den des Unterdrempels, um aus der Differenz der beiden beobachteten Wasserstände das Gefälle der Schleuse leicht zu erkennen.

Gemeinhin stellt man die Pegel in die Dammfalze des Ober- und Unterhauptes, wo sie vor äussern Beschädigungen gesichert

sind, und sowohl von den durchgehenden Schiffen, als auch von der gegenüber stehenden Mauer bequem beobachtet werden können. Nichts desto weniger ist diese Stellung doch insofern nicht passend, als bei jeder Reparatur der Schleuse und selbst bei den oft wiederkehrenden Instandsetzungen der Schleusenthore die Dammbalken eingelegt, und zu diesem Zweck die Pegel beseitigt werden müssen, während sie beim spätern Einstellen leicht eine etwas andre Höhe erhalten. Passender ist es daher, sie in besondere flache Nischen zu legen.

Von den Laufbrücken auf den Schleusenthoren, die oft einer frequenten Passage von Fufsgängern geöffnet werden müssen, ist schon bei Beschreibung der Thore mehrfach die Rede gewesen. Hier wäre nur zu erwähnen, dafs man sie meist auf der nach dem Oberwasser gekehrten Seite vortreten läfst, damit sie beim Oeffnen der Thore über den Schleusenmauern stehn, und die Schleuse nicht beengen. Doch legt man sie zuweilen, wenn sie nur von den Wärtern betreten werden und aus einer einzigen Bohle bestehn, auch auf die andre Seite, sie müssen alsdann aber beim jedesmaligen Oeffnen des Thors aufgeklappt, und die Stützen, worauf sie ruhn, zurückgeschlagen werden.

Sollen gröfsere Brücken, die für Fuhrwerk dienen, über einer Schleuse erbaut werden, so thut man wohl, sie auf das Unterhaupt und zwar noch unterhalb der Unterthore zu verlegen, weil sie alsdann beständig über dem Unterwasser liegen, und sonach höhere Ladungen darunter durchgehn können, ohne dafs sie mit Vorrichtungen zum Oeffnen versehn sein dürfen. Hierbei tritt freilich der Uebelstand ein, dafs die Schleusenmauern nahe um die volle Breite der Brücke verlängert werden müssen, was nicht nöthig wäre, wenn man die Brücke über die Schleusenkammer gelegt hätte. Zuweilen umgeht man auch diese Verlängerung, ohne den ersten Vortheil aufzuopfern, indem die Brücke über dem äufsersten Theile der Thorkammer und dem Hinterboden des Unterhauptes angebracht wird. Alsdann ist man aber gezwungen zum Oeffnen und Schliefsen der Thore eine Vorrichtung zu wählen, die wenig Raum erfordert.

Wenn dagegen die durchgehenden Schiffe Masten führen, die nicht niedergelegt werden können, was namentlich bei Seeschiffen der Fall ist, so kommt es auf den geringen Höhen-Unterschied

zwischen Ober- und Unterwasser nicht an, und es ist alsdann gleichgültig, an welcher Stelle die Brücke erbaut wird.

Schliefslich mufs noch der Vorrichtung zum Wiegen der Schiffe in den Schleusen Erwähnung geschehn, die man bei den Americanischen Canälen mehrfach angewendet hat, um die Ladungen sicher zu ermitteln. Dergleichen Vorrichtungen befinden sich an beiden Enden des Shuylkill-Canals in Pennsylvanien. Dieser Canal beginnt bei Mill-Creek auf dem Gebirgszuge Blue Ridge genannt, und zieht sich Theils neben, theils in dem Flusse Shuylkill bis zu dessen Mündung in den Delavare bei Philadelphia hin. Er wird beinahe ausschliefslich zum Transport der Anthracit-Kohlen benutzt, die von hier aus über einen grofsen Theil der Freistaaten sich verbreiten, und eben dadurch diesem Canal Bedeutung geben.

Jedes Schiff wird leer gewogen, aufserdem wird es jedesmal, wenn es beladen herabgeht, in einer oder der andern Schleuse wieder gewogen. Das Bassin, worin die Wiegung vorgenommen wird, ist einer gewöhnlichen Schiffsschleuse gleich, es unterscheidet sich davon nur dadurch, dafs die Kammer auf beiden Seiten mit Oberhäuptern versehn ist, und durch Seitencanäle vollständig entleert werden kann. Die Weite der Schleuse in den Häuptern mifst 17½ Fufs und die Länge der Kammer von Thor zu Thor 85 Fufs. Der Eingang in jedes Haupt wird nur durch ein einzelnes Thor geschlossen und zwar durch ein solches, das sich um eine horizontale Achse dreht. Beide Thore werden nach der von der Kammer abgekehrten Seite zurückgeschlagen, so dafs beide Oberwasser abhalten.

Auf 57 Fufs Länge ist die Kammer um 2 Fufs verbreitet, und hier befindet sich der rostförmige Rahmen, auf den das zu wiegende Schiff gestellt wird. Dieser Rahmen hängt, wenn das Schiff einfährt, nahe über dem Boden der Schleuse. Beim Ablassen des Wassers sinkt das Schiff darauf herab, und mittelst eines Systems von fünf Hebeln bringt man es in ähnlicher Art, wie bei gewöhnlichen Brückenwaagen mit dem Gegengewichte ins Gleichgewicht. Man wiegt auf diese Weise Schiffe, deren Brutto-Gewicht bis 3000 Centner beträgt.

Zwölfter Abschnitt.

Eigenthümliche Schiffsschleusen.

§. 74.

Schiffsschleusen mit Spülthoren.

Aufser den im vorigen Abschnitt beschriebenen Kammerschleusen giebt es noch verschiedene andere Schleusen und sonstige Vorrichtungen zum Heben oder Herablassen der Schiffe aus einem Wasserbassin in das andre, die zum Theil nicht nur den Uebergang der Schiffe vermitteln, sondern daneben noch andre Zwecke erfüllen, zum Theil aber so wesentliche Verschiedenheiten in der ganzen Anordnung zeigen, dafs die Zusammenstellung derselben nöthig erscheint.

Zunächst mag von denjenigen Schiffsschleusen die Rede sein, welche zugleich als kräftige Entwässerungs- oder Spülschleusen dienen, die also zur Abführung grofser Wassermassen geeignet sind. Bei der gewöhnlichen Schiffsschleuse lassen sich die Thore nur öffnen und schliefsen, wenn die Niveau-Differenz zwischen den beiderseitigen Wasserständen vorher aufgehoben ist. Ihre ganze Oeffnung kann nicht früher frei werden. Wenn man aber das Oberwasser senken, oder das Unterwasser heben will, wie bei Canälen häufig erforderlich ist, so bleibt nur übrig, hierzu die Schütz-Oeffnungen in den Thoren oder die Umläufe zu benutzen, wodurch aber nur eine mäfsige Strömung dargestellt werden kann. Bei Entwässerungen ist das Gefälle fast immer nur sehr geringe, um daher grofse Wassermassen abzuführen, mufs man bedeutende Profile darstellen, was mittelst solcher kleinen Schütz-Oeffnungen nicht möglich ist. Wichtiger ist bei den Seeschleusen noch das Bedürfnifs zur Erzeugung eines kräftigen Spülstroms, und die Mehrzahl der Schleusen, die zunächst beschrieben werden sollen, bezwecken in der That nur die Spülung der Hafenmündungen. Der

in der kurzen Zwischenzeit von sechs Stunden wiederkehrende Wechsel zwischen Fluth und Ebbe bietet Gelegenheit, einen kräftigen Strom im Eingange des Hafens zu erzeugen und dadurch die Kies-, Sand- oder Thonmassen zu beseitigen, die vorzugsweise gerade hier sich abzulagern pflegen. Man fängt in einem weiten Bassin das Hochwasser auf, und sperrt es gewöhnlich mittelst einer nur zu diesem Zweck erbauten und keineswegs zum Durchgange von Schiffen dienenden Spülschleuse so lange ab, bis aufserhalb der niedrigste Wasserstand eingetreten ist. Alsdann öffnet man plötzlich die Schleuse, und indem die Verbindung in grofser Weite dargestellt wird, stürzt sich die aufgefangene Wassermasse in heftiger Strömung nach der See und reifst den Sand und Thon und selbst die Steine, welche in der Hafenmündung sich angesammelt hatten, mit sich fort. Es darf kaum darauf hingewiesen werden, dafs die Wirkung fast verschwindet, wenn man dieselbe Wassermasse sehr langsam, oder durch eine kleine Oeffnung wollte abfliefsen lassen. Es ist daher Bedingung, dafs in der Spülschleuse plötzlich eine weite Oeffnung frei werden mufs.

Gewöhnlich befindet sich die Spülschleuse vor einem besondern Bassin, in welches die Fluth eintritt, und das man erst abschliefst, sobald das Wasser den höchsten Stand erreicht hat. Diese Schleusen werden von Schiffen nicht passirt. Zuweilen benutzt man aber auch das Dock oder den Binnenhafen, worin das Hochwasser zurückgehalten wird, als Spülbassin und dieselbe Schleuse, durch welche die Schiffe aus- und eingehn, dient zugleich als Spülschleuse. Von den Uebelständen, welche diese Verbindung mit sich führt, wird bei Gelegenheit des Hafenbaues die Rede sein, es leuchtet aber ein, dafs in einer solchen Schleuse die Thore nicht nur gegen einen starken Wasserdruck geöffnet, sondern auch geschlossen werden müssen, während noch eine heftige Strömung hindurch geht, da im Dock ein hoher Wasserstand gehalten werden mufs, bei dem die darin liegenden Schiffe noch schwimmen. Die §. 67 und 73 beschriebenen Thore, die sich um horizontale Achsen drehn, sind für diesen Zweck ungeeignet, da sie sich nur in mäfsiger Breite und Höhe ausführen lassen.

Am häufigsten hat man diese Aufgabe dadurch gelöst, dafs man gewöhnliche Schleusenthore mit Spülthoren versehn hat. Die Figuren 348 und 349 auf Taf. IL zeigen in der Seiten-

ansicht und im horizontalen Querschnitt diese Anordnung, wie solche namentlich in den Niederlanden vorkommt. In ähnlicher Weise, wie die zweiflügeligen Klappen in den Thoren zum Füllen und Leeren der Schleusenkammer benutzt werden (§. 72 und Fig. 339), so dienen im vorliegenden Fall gröfsere Klappen, welche die ganze Breite eines Thors schliefsen, zum Durchlassen gröfserer Wassermassen.

Das Schleusenthor ist dabei wie Fig. 348 *a* zeigt, in gewöhnlicher Weise zusammengesetzt, und unterscheidet sich nur dadurch, dafs der Zwischenraum zwischen dem Schwellrahm und dem untern Riegel bedeutend vergröfsert, und ganz frei ist. In diesem Theile fehlt demnach die Bekleidung, so wie auch die Strebe erst weiter aufwärts in die Wendesäule verzapft ist. Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs das Thor hierdurch geschwächt wird, man pflegt es zwar durch Zugbänder noch zu sichern, auch sämmtliche Bekleidungs-Bohlen als Streben wirken zu lassen, und überdies für eine möglichst feste Zusammensetzung zu sorgen, nichts desto weniger würden diese Vorsichts-Mafsregeln ungenügend sein, wenn ein solches Thor eine bedeutende Breite erhalten sollte. Man wendet demnach diese Construction nur bei kleinern Schleusen an, deren lichte Weite in den Häuptern sich auf 20 bis 24 Fufs beschränkt.

In die erste Figur, welche das Schleusenthor zeigt, ist das Spülthor nicht eingezeichnet, dieses vielmehr in Fig. 349 besonders dargestellt. Es zeigt sich in *a* von derselben Seite, wie das Schleusenthor. Es ist oben und unten mit vortretenden Zapfen versehn, und diese stehn in Pfannen, welche in die untere Fläche des untern Riegels und die obere Fläche des Schwellrahms eingesetzt sind. Letztere sieht man Fig. 348 *b*. Diese beiden Flügel des Spülthors sind gemeinhin nicht von gleicher Länge, vielmehr ist derjenige, der sich an die Wendesäule lehnt, um den achten bis sechsten Theil länger, damit das Thor durch den Wasserdruck schnell geöffnet wird, sobald man die Spülung eintreten läfst.

Die Construction dieser Spülthore stimmt wieder einigermafsen mit der der gewöhnlichen Schleusenthore überein, die Wendesäule befindet sich aber in der Mitte, und an jeder Seite eine Schlagsäule. Mittelriegel kann man dabei nicht füglich anbringen, weil sie durch die Ueberschneidung der Wendesäule sowohl selbst zu sehr geschwächt würden, als auch letztere dabei leiden müfste.

Ueberdiefs ist die Höhe dieses Thors so gering, dafs man die Mittelriegel dabei entbehren kann. Vorzugsweise wird diesem Thor die nothwendige Steifigkeit durch den obern und untern Rahm gegeben, und man wählt dazu besonders breite Hölzer, die in der Mitte recht stark gehalten werden, während sie an den Seiten sich verjüngen. Hierdurch bestimmt sich der horizontale Querschnitt des Thors (Fig. 349 *b*). Um die Zapfen, welche die Drehungsachse bilden, anbringen zu können, werden die oben erwähnten Rahme an der dem Unterwasser zugekehrten Seite eingeschnitten, und die Wendesäule erhält die ganze Höhe des Spülthors. Offenbar veranlafst diese Anordnung eine merkliche Schwächung des Thors und seine Steifigkeit leidet dadurch. Man bemüht sich indessen, diesen Uebelstand möglichst zu mäfsigen, indem man die Rahme nur so weit einschneidet, dafs die Zapfen ungeschwächt durchgreifen. Aufserdem werden die Zapfen gewöhnlich aus der Mittellinie des Thors noch etwas nach der dem Unterwasser zugekehrten Seite versetzt (Fig. 349 *b*), und endlich wird durch sorgfältige Arbeit und durch Eisenbeschläge dem Durchbiegen der Rahme und des ganzen Thors thunlichst vorgebeugt. Man könnte leicht eine andre Construction wählen, wobei die beiden Rahme nicht in dieser Art geschwächt würden, aber alsdann wäre die Aufstellung des Spülthors noch schwieriger. Man kann dasselbe nämlich nicht in das fertige Schleusenthor einsetzen und bei vorkommenden Reparaturen herausnehmen, vielmehr ist seine Wendesäule aus dem letztern gar nicht zu entfernen, ohne dieses zu zerlegen. Die beschriebene Anordnung bietet die Erleichterung, dafs man, so oft es nöhtig ist, den ganzen übrigen Theil des Spülthors von seiner Wendesäule lösen und später wieder daran befestigen kann.

Die erwähnten Zapfen sind an die Wendesäule angeschnitten, und mit metallnen Ringen bekleidet, die Pfannen, worin sie sich drehn, bestehn gleichfalls aus Metall. Was im Uebrigen die Construction betrifft, so ergiebt dieselbe sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Figur. Die Schlagsäulen sind in die beiden Rahme eingezapft. An jeder Seite befindet sich eine Strebe, die zugleich einen Theil der Bekleidung bildet, und sich an die übrigen, in gleicher Richtung aufgenagelten Bohlen anschliefst.

Der kürzere Flügel dieses Thors, der beim Aufgehn nach der

Seite des Oberwassers aufschlägt, wird wenn er geschlossen ist, durch den Wasserdruck gegen die Falze in der Schlagsäule und im Riegel und Schwellrahm des Schleusenthors fest angedrückt, dagegen wird der längere Flügel, soweit die Steifigkeit desselben es gestattet, durch den Wasserdruck von den umgebenden Verbandstücken entfernt, und die Fugen sind daher hier nicht sicher geschlossen. Die erwähnten vortretenden Ränder, welche die Falze in der untern Fläche des untern Riegels und der obern Fläche des Schwellrahms begrenzen, sind in Fig. 348 sichtbar. Es ergiebt sich auch daraus, dafs dergleichen Ränder in der Nähe der Wendesäule des Spülthors nicht angebracht werden können, weil dieses den nöthigen freien Raum zu seiner Drehung behalten muss. Diese Fuge, sowohl oben, wie unten bleibt daher offen.

Insofern derjenige Flügel des Spülthors, der nach dem Unterwasser aufschlägt, länger ist, als der entgegengesetzte, so würde das Thor, sobald einige Niveau-Differenz zwischen Ober- und Unterwasser eingetreten wäre, und der Ueberschufs des Drucks des erstern die Reibung überwinden könnte, sich sogleich von selbst öffnen. Um dieses zu verhindern, ist das Schleusenthor noch mit einem hebelförmigen Vorreiber (den man in den Niederlanden den Praam oder Königs-Stiel nennt), versehn. Die Figuren 348 *a* und *b* zeigen ihn. An der Wendesäule des Schleusenthors befindet sich nämlich eine zweite Wendesäule von der Höhe des Spülthors, In ihrer Anordnung und Wirksamkeit entspricht sie der in Fig. 191 auf Taf. XXII dargestellten, und zum Zurückhalten und plötzlichen Lösen der Dammbalken in Freiarchen dienenden Wendesäule (§. 46). Wenn sie die in Fig. 348 gezeichnete Stellung einnimmt, so drückt sie gegen die Schlagsäule am längern Flügel des Spülthors, und hält dasselbe geschlossen. Um den gehörigen Druck auszuüben, ist sie mit einem längeren Hebelsarm versehn, der bis über den obern Rahm des Schleusenthors heraufreicht, und hier durch einen Ueberwurf zurückgehalten wird. Dieser Arm besteht gewöhnlich in einem krumm gewachsenen Holz, und ist mittelst eines Riegels in der Höhe des obern Rahms des Spülthors noch mit seiner Wendesäule verbunden, während Eisenbeschläge diese Verbindungen möglichst sichern. Die Wendesäule hat oben, wie unten Zapfen, die in eisernen Bügeln sich drehn. Soll die Spülung erfolgen, so braucht man nur den Ueberwurf zu lösen, worauf

sogleich der Hebel mit der Wendesäule durch den Wasserdruck zurückgeschlagen wird.

Zum Zurückdrehn des Spülthors ist in der Regel keine besondere Vorrichtung getroffen. Wenn gespült wird, so fliefst, während aufwärts der niedrige Wasserstand statt findet, die ganze im Bassin aufgefangene Masse ab, und erst wenn die Durchströmung aufgehört hat, stöfst man das Spülthor wieder zurück und befestigt es mittelst des beschriebenen Hebels. Man kann indessen auch leicht durch Taue oder Ketten das Spülthor gegen einen mäfsigen Wasserdruck zurückziehn. Dieser Druck läfst sich noch dadurch aufheben, dafs man, wie zuweilen wirklich geschieht, beide Flügel einander gleich macht, und den einen mit einer Schütz-Oeffnung versieht. Dieses Schütz wird mittelst einer Kette gezogen, damit die Kette aber die Bewegung des Spülthors nicht hindert, mufs sie in der Achse desselben, oder doch nicht weit davon entfernt gehalten werden. Alsdann ist der Wasserdruck gegen den Flügel, worin das Schütz sich befindet, minder stark, als gegen den andern, und das Thor öffnet sich von selbst, sobald der Hebel gelöst wird. Will man die Spülung unterbrechen, so löst man zuerst die Kette, woran das Schütz hängt, und dasselbe sinkt, wenn es hinreichend schwer ist, sogleich herab, indem es in dem vollständig geöffneten Thor von beiden Seiten gleichem Druck ausgesetzt ist. Hierdurch wird die Verschiedenheit des Drucks gegen beide Flügel des Thors aufgehoben, und mittelst der vorerwähnten Ketten oder Taue kann man, selbst bei bedeutender Niveau-Differenz und bei heftiger hindurchgehender Strömung das Spülthor schliefsen. Auf diese Weise ist die Spülung beliebig zu unterbrechen, und die Senkung des Wasserstandes im Hafen auf ein bestimmtes Maafs zu beschränken, falls dieses erforderlich sein sollte.

In andrer Beziehung ist dieses Spülthor keineswegs von bedeutenden Mängeln frei. Dafs es nicht wasserdicht ist, ist bereits erwähnt worden. Man pflegt deshalb, sobald die Schleuse nicht zum Durchgange von Schiffen, oder zum Spülen benutzt wird, den Wasserdruck auf das zweite Thorpaar der Schleuse zu übertragen. Wichtiger ist der Mangel an Festigkeit, der durch die grofse freie Oeffnung im Thor veranlafst wird. Namentlich erhält die Strebe eine unzweckmäfsige Stellung, und kann dem Sacken des

Thors nicht genügend vorbeugen. Sobald aber das Schleusenthor seine Form verändert, so schliefst das Spülthor noch weniger, und wird bald unbrauchbar, indem es sich nicht mehr öffnet, oder wenn es gewaltsam geöffnet wurde, sich nicht wieder schliefsen läfst. Dieser Uebelstand ist als besonders nachtheilig anzusehn, da er zu oft wiederkehrenden Reparaturen Veranlassung giebt. Endlich entspricht in vielen Fällen auch die Gröfse der freien Oeffnung nicht dem Bedürfnifs. Man bringt freilich in beiden zusammengehörigen Stemmthoren dergleichen Spülthore an, da aber die beiden Schlagsäulen und Wendesäulen der Schleusenthore, so wie auch die Wendesäulen der Spülthore die Weite der Oeffnung beschränken, die Höhe derselben aber vollends in mäfsigen Grenzen zu bleiben pflegt, weil sonst die Verstrebung zu sehr leiden würde, so ist der Erfolg einer Spülung mit diesen Thoren in vielen Fällen nicht wesentlich von dem verschieden, den man erreichen würde, wenn man in den Thoren mehrere grofse Schütz-Oeffnungen angebracht hätte.

Zuweilen sieht man in den Niederlanden auch Thore dieser Art, wobei die Spülöffnung die ganze Höhe zwischen dem obern und dem Schwellrahm einnimmt. Ein solches Thor hat gar keine Strebe, auch keinen Mittelriegel, dagegen setzt sich die Wendesäule des Schleusenthors, welche in diesem Falle besonders stark gehalten wird, noch mehrere Fufs über das Halsband und die Schleusenmauer fort, und vom obern Ende desselben läuft ein Zugband bis zu dem obern Rahm des Thors in der Nähe der Schlagsäule herab. Indem dieses Band an beiden Enden mit starken Eisenbeschlägen versehen ist, so verhindert es, soweit seine flache Lage und die Steifigkeit der Wendesäule gestatten, ein starkes Durchsacken des Thors. Eine Schleuse dieser Art befindet sich bei Maassluys ohnfern Schiedam.

Der erste und wohl der gelungenste Versuch, eine grofse Schleuse unter starkem Wasserdruck schnell zu öffnen und wieder zu schliefsen rührt von Donker her, wobei das betreffende Thorpaar an ein zweites, in entgegengesetzter Richtung aufschlagendes sich lehnt. Zwischen diesen Thoren bilden sich an beiden Seiten Räume, in welchen, wenn sie auch nicht ganz wasserdicht abgeschlossen sind, doch wenigstens annähernd der Stand des Ober- und Unterwassers dargestellt werden kann. Die verschiedene An-

füllung dieser Räume erzeugt diejenigen Pressungen, wodurch die Thore sich von selbst öffnen und schliefsen, während noch Winden auf den Schleusenmauern ihre Bewegungen unterstützen. Im Jahre 1770 wurde die erste Schleuse dieser Art bei Gouda erbaut. Sie hatte nur die Weite von 15 Fufs. Acht Jahre später kam aber eine gleiche Schleuse von 30 Fufs lichter Weite bei Schiedam zur Ausführung. Beide stimmen in ihrer ganzen Anordnung sehr genau mit einander überein, und letztere ist in Fig. 350 *a* und *b* im Grundrifs und im Längendurchschnitt dargestellt.

Die Seite, wo der Buchstabe *A* steht, ist die äufsere, oder der Maas zugekehrt, und hier befindet sich zur Abhaltung der höchsten Fluthen noch ein gewöhnliches Paar Stemmthore. Bei *B* steht die Schleuse mit dem Canal in Verbindung, dessen Wasser zur Zeit der Ebbe in die Maas abgelassen wird. Das der Canalseite zunächst befindliche Thorpaar *C* unterscheidet sich von einem gewöhnlichen durch die grofse Länge beider Flügel. Dieselben bilden, wenn sie geschlossen sind, zwei Seiten eines gleichseitigen Dreiecks. Im Uebrigen zeigt ihre Aufstellung und Construction nichts Eigenthümliches. Sie lehnen sich theils gegenseitig aneinander, indem die Schlagsäulen sich berühren, theils aber auch an Schlagschwellen, die, wie gewöhnlich, über den Thorkammerboden vortreten. Auch sind sie mit Schützöffnungen versehn, und um dem Sacken zu begegnen, was wegen ihrer grofsen Länge und der unvortheilhaften Stellung der Streben zu besorgen war, ruhen sie auf messingenen Rollen, die auf Bahnen von demselben Metall laufen. Ein zweites Thorpaar *D* ist diesem ersten entgegengekehrt, so dafs beide, wenn sie geschlossen sind, sich einander in den Spitzen der Dreiecke, die sie bilden, berühren. Auch dieses zweite Thorpaar schlägt unter einem Winkel von 60 Graden zusammen. Es ruht eben so wie das erste auf messingenen Rollen, die auf den Bahnen bei *E* laufen, und lehnt sich gleichfalls, wenn es geschlossen ist, an zwei Schlagschwellen. Die Schützöffnungen fehlen hier, dagegen liegen Umläufe in den Mauern, wie die Figuren zeigen. Diese zweiten Thore haben die eigenthümliche Einrichtung, dafs sie nicht unmittelbar gegen einander stemmen, vielmehr die Schlagsäule jedes dieser Thore sich an das entsprechende Thor des ersten Paares lehnt.

Soll die Schleuse geöffnet werden, so läfst man den Wasserdruck gegen das erste Thorpaar wirken, und indem dasselbe in

der beschriebenen Weise zwischen die andern beiden Thore greift, schiebt es dieselben vor sich zurück, und lehnt sie in die Thornischen. Beim Schliefsen der Thore wirkt umgekehrt der Wasserdruck gegen das zweite Thorpaar, und alsdann schiebt dieses das erste vor, und bewegt es so weit, bis es sich an die Schlagschwellen lehnt. Bei dieser Anordnung ist es nothwendig, die berührenden Flächen so darzustellen, dafs sie, ohne zu starke Reibung zu veranlassen, übereinander gleiten und doch einigermaafsen einen wafserdichten Abschluſs bilden. Dieselben Bedingungen müssen auch, soviel dieses möglich ist, zwischen den Thoren und dem Thorkammerboden erreicht werden.

Die Wirksamkeit der Schleuse ist nach vorstehenden Andeutungen leicht zu ermessen. Beide Thorpaare können, wenn sie geschlossen sind, von jeder Seite den höhern Wasserstand abhalten. Bei voller Fluth, oder wenn im Strom, also auf der Seite *A*, das Wasser höher, als im Canal steht, so werden die Thore *C* in derselben Art, wie gewöhnliche Schleusenthore, durch den Wasserdruck dicht geschlossen und können alsdann überhaupt nicht geöffnet werden. Die Thore *D* sind in diesem Fall ohne Wirksamkeit. Die ersten Thore schliefsen alsdann aber auch eben so gut, wie gewöhnliche Schleusenthore, und werden noch durch die Fluththore *F* unterstützt, wenn das Wasser einen besonders hohen Stand erreicht, der ihre Höhe übersteigt. Wenn dagegen im Strom niedriges Wasser ist, also der höhere Stand auf der Seite *B* stattfindet, so würden die Thore *C* allein sich öffenen, und man muſs daher in diesem Fall den Druck auf die Thore *D* übertragen, Dieses geschieht, indem man in den Räumen *E* hinter den Thoren den höheren Wasserstand des Canals darstellt. Hierdurch verschwindet der Druck gegen die Thore *C*, er überträgt sich aber auf die Thore *D*, die wieder, eben so wie gewöhnliche Schleusenthore, einen dichten Abschluſs bilden. Um in den Räumen *E* den Binnen-Wasserstand darzustellen, darf man nur die Schütze in den Thoren *C* öffnen, und die Umläufe schliefsen.

Soll die Entwässerung eintreten, oder will man die Canalmündung spülen, so ist nur nöthig, die eben erwähnten Schütze in den Thoren zu schliefsen und die Umläufe zu öffnen. Dadurch wird der Druck gegen die Thore *D* aufgehoben, während derselbe die Thore *C* aufstöfst. Letztere schieben die ersteren vor sich,

doch gelangen sie von selbst nicht bis in die Thornischen, und man mufs sie mittelst Winden hineinziehn. Wenn aber endlich die Schleuse geschlossen werden soll, während noch auf der Binnenseite das Wasser höher steht, als im Strom, so schliefst man die Umläufe und öffnet die Schütze in den Thoren *C*. Das Wasser verbreitet sich alsdann hinter diesen Thoren (die zu diesem Zweck die Thornischen nicht vollständig sperren dürfen) bis zu den Thoren *D* und drängen diese zurück, wodurch auch erstere geschlossen werden. Der Grundrifs zeigt in den ausgezogenen Linien die Stellung der Thore, wenn sie geschlossen, und in den punktirten wenn sie geöffnet sind.

Diese Schleuse besteht nur aus einem einzigen Haupte und Schiffe können nur so lange hindurchgehn, als der äufsere Wasserstand mit dem innern übereinstimmt. Alsdann kann man aber augenscheinlich keinen Wasserdruck zur Bewegung der Thore benutzen, und die Winden, von denen bereits die Rede war, sind zum Oeffnen der Thore unentbehrlich. Das spätere Schliefsen erfolgt dagegen leicht in der beschriebenen Weise, sobald das äufsere Wasser zu sinken anfängt.

Eine andre, zu gleichem Zweck dienende Anordnung, welche von Alewyn herrührt, ist, soviel bekannt, nur einmal, nämlich bei Ter-Neuzen zur Ausführung gekommen. In die südliche Mündung der Schelde, der Hund oder die Wester-Schelde genannt, ergiefst sich bei dem genannten Orte das aus der Gegend von Gent herabkommende Binnenwasser. Dasselbe ist zugleich zur Darstellung eines Schiffahrts-Canals benutzt, der sich bis in das Belgische Flandern fortsetzt. Vor Ter-Neuzen spaltet sich der Canal in zwei Arme, die das Städtchen auf beiden Seiten umschliefsen und dicht vor ihrer Mündung in die Schelde sich wieder vereinigen. Ungefähr in der Mitte jedes dieser Arme befindet sich ein erweitertes Bassin, das theils als Hafen, theils auch als Spülbassin dient. Am untern Ende des westlich belegenen befindet sich eine Fächerschleuse, deren Einrichtung später beschrieben werden wird. Das östliche Bassin ist dagegen mit dem untern Theil des Canals durch die hier in Rede stehende 26½ Fufs weite Schleuse verbunden, welche also theils zum Durchgange der Schiffe, theils auch als Spülschleuse dient.

Fig. 351 zeigt die gewählte Anordnung im Grundrifs. Es

kommen dabei wieder zwei Paar Schleusenthore, wie bei der Donker-Schleuse vor, die jedoch in gleicher Richtung aufschlagen und unter einander durch dichte Kuppelwände verbunden sind, so dafs wieder vor den Thornischen abgeschlossne Räume gebildet werden, die man beliebig mit dem Ober- und Unterwasser in Verbindung setzen und dadurch den erforderlichen Druck zum Oeffnen und Schliefsen der Thore darstellen kann. Die mit *A* bezeichnete Stelle ist die äusfsre oder dem Strome zugekehrt. Die Thore *B* sind von der gewöhnlichen Einrichtung, und lehnen sich, wenn sie geschlossen sind an Schlagschwellen. Die Thore *C* sind etwas länger, insofern ihre Wendenischen weiter zurück liegen. Sie lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, nicht ihrer ganzen Länge nach an gewöhnliche Schlagschwellen, weil diese die Bewegung der Kuppelwände verhindern würden, vielmehr nur an eine einzelne Schlagschwelle, die in der Längenrichtung der Schleuse zwischen *E* und *F* liegt. An den Kopf derselben, bei *E*, lehnen sich die Thore *C*, an ihre beiden Seiten aber die Kuppelwände *D*. Letztere sind mittelst Charnieren mit den entsprechenden Thoren beider Paare verbunden, und wenn sie in die Thornischen zurückgeschlagen sind, so nehmen sie die in der Figur mit punktirten Linien angegebene Stellung ein, so dafs die Schleuse in ihrer ganzen Weite frei wird.

Die Thore sowohl, als die Kuppelwände müssen den Thorkammerboden ziemlich nahe berühren, damit die dazwischen liegenden Räume sowohl den Stand des Oberwassers, als auch den des Unterwassers annehmen. Zur Darstellung dieser Wasserstände dienen an jeder Seite der Schleuse zwei Umläufe. Aufserdem sind die Thore *C* auch noch mit Schützöffnungen und zwar unmittelbar neben den Schlagsäulen versehn, so dafs mittelst derselben der Zwischenraum *EF* zwischen den beiden Kuppelwänden mit dem äufsern Wasser in Verbindung gesetzt werden kann. Diese Schützöffnungen können beim gewöhnlichen Gebrauch der Schleuse auch entbehrt werden, wenn man die Thore *C* nicht unmittelbar zusammenschlagen läfst, sie vielmehr etwas kürzer macht, so dafs sie einander nicht berühren. In dieser Weise hat Alewyn auch in der 1824 zu Brüssel erschienenen kleinen Abhandlung die Schleuse beschrieben, auch stellt sie Baud so dar. In der Ausführung hat sie jedoch die zuerst angegebene und in Fig 351 dargestellte An-

ordnung erhalten*), welche durch die gegenseitige Unterstützung der Thore *C* auch eine gröfsere Festigkeit zu bedingen scheint.

Es ergiebt sich schon aus vorstehender Beschreibung, dafs die Thore *B* in gleicher Weise, wie gewöhnliche Schleusenthore, einen hohen Wasserstand von der äufsern Seite oder von *A* her abhalten. In diesem Fall müssen die Räume hinter den Kuppelwänden mit dem Aufsenwasser in Verbindung gesetzt werden. Will man dagegen die Schleuse öffnen, so stellt man in diesen Räumen den niedrigern Binnenwasserstand dar, während zugleich der zwischen beiden Wänden befindliche Raum *EF* mit dem höhern Aufsenwasser gefüllt ist. Letzteres drückt auf die Thore *C* und zugleich auf die Wände *D*, da diese aber länger sind, als jene, so öffnen sie die Thore *C*, und mit ihnen die Thore *B*, die in diesem Fall auf beiden Seiten gleichem Wasserdruck ausgesetzt sind. Auf solche Weise kann das höhere Aufsenwasser in den Canal gelassen werden.

Ist dagegen umgekehrt das Aufsenwasser (bei *A*) niedriger, als der Wasserstand im Bassin oder auf der Binnenseite, so kann man die Schleusen geschlofsen erhalten, sobald man in die rautenförmigen Räume das Oberwasser, in den keilförmigen Raum zwischen beiden Kuppelwänden aber das Unterwasser eintreten läfst. Die Wände werden alsdann an die Schlagschwelle *EF* gepreſst und zwar mit einem Druck, der stärker ist, als derjenige, den die Thore *C* erleiden. Jener Druck verschwindet indessen, wenn man die innern Umläufe schliefst, und die äufsern öffnet. Sobald dieses geschehn, erleiden weder die Thore *C*, noch die Kuppelwände *D* einen Druck, wohl aber stellt sich ein solcher gegen die Thore *B* ein, die sich daher öffnen, und zugleich die andern Thore, sowie auch die Wände mit sich fortstofsen. Dabei wird indessen die Oeffnung der Schleuse keineswegs ganz frei, vielmehr bleiben die Thore etwa auf halbem Wege stehn. Mittelst Winden kann man sie in die Thornischen vollständig zurückziehn, Alewyn hält dieses jedoch für entbehrlich, indem er vermuthet, dafs die zwischen den halbgeöffneten Thoren durchströmende Wassermenge schon das Maximum sei. Die Richtigkeit dieser Annahme mag dahin gestellt

*) Hübbe, Beschreibung einer Schleusen-Construction mit gekuppelten Thüren, in Crelle's Journal für die Baukunst. Elfter Band. Seite 565 ff.

bleiben, zur Vervollständigung der Beschreibung der Wirksamkeit der Schleuse mufs aber noch angeführt werden, dafs man nur die äufsern Umläufe zu schliefsen, und die innern zu öffnen braucht, um durch den Druck gegen die Kuppelwände die Thore aufs Neue zu schliefsen, wenn auch das Binnenwasser noch bedeutend höher, als das äufsere steht.

Vergleicht man diese Anordnung mit der in Fig. 350 dargestellten, so kann man ihr vor der ältern, die von Donker herrührt wohl nicht den Vorzug einräumen. Beide erfordern eine bedeutende Verlängerung der Thornischen und sonach der Schleusenmauern vergleichungsweise gegen die gewöhnliche Einrichtung der Thore. Die längern Thore, die Donker wählte, scheinen aber in der Anlage und Unterhaltung weniger kostbar zu sein, als die beiden kürzern Thorpaare mit Einschlufs der Kuppelwände.

Um das Durchbiegen dieser Wände zu verhindern, versah Alewyn dieselben mit Sprengwerken, doch konnten sie dadurch nur selbst gesichert werden, und indem sie an den äufsern Enden der Thore befestigt waren, so mufsten diese noch besonders vor dem Durchsacken geschützt werden. Alewyn sah sich zu diesem Zweck genöthigt, in jede Thornische noch einen Krahn zu stellen, woran die Kuppelwand gehängt wurde. Der Ausleger eines solchen Krahns ist in der untern Seite der Figur angegeben und mit *G* bezeichnet. Die Säule des Krahns ist in gleicher Weise, wie die Wendesäule eines Schleusenthors aufgestellt und befestigt, und sonach wird jene Wand in allen Stellungen, die sie annimmt, gleichmäfsig unterstützt.

Häufiger, als die beiden zuletzt erwähnten Schleusen, hat diejenige Anordnung der Thore Eingang gefunden, welche der spätere General-Inspector des Wasserstaates J. Blanken Jonszoon im Jahre 1808 bekannt machte. Er nannte diese Thore nach ihrer Gestalt, die von oben gesehn einige Aehnlichkeit mit einem Fächer zeigt, Waaijerdeuren oder Fächerthore. Gewöhnlich heifsen die mit solchen Thoren versehene Schleusen Blanken-Schleusen.

In den Niederlanden fand diese Idee sogleich Anwendung. Schon 1809 wurden zwei kleine Schleusen bei Ysselstein und in der Nähe von Rotterdam versuchsweise mit solchen Thoren versehn. Indem sie brauchbar befunden wurden, folgte bald der

Bau mehrerer andern, und es mögen in der nächsten Zeit etwa funfzehn Schleusen dieser Art im Königreiche der Niederlande ausgeführt sein.

Grofsentheils sind dieselben, übereinstimmend mit der ursprünglichen Angabe von Blanken, nur Dockschleusen, d. h. sie bestehn aus einzelnen Schleusenhäuptern, und können nur, wenn der äufsere Wasserstand mit dem innern übereinstimmt, von Schiffen passirt werden. Aufserdem dienen sie noch zur Spülung oder zur Entwässerung, indem die Thore auch bei ungleichem Druck sich öffnen und schliefsen lassen. In der grofsen Schleusen-Anlage, die Wilhelm-Schleuse genannt, welche den Nordholländischen Canal mit dem Y verbindet, brachte indessen schon Blanken selbst, und zwar in der kleinern Nebenschleuse, die eine vollständige Kammerschleuse ist, Fächerthore an. Diese kleinere Schleuse, nur durch eine starke Mauer von der gröfseren getrennnt, ist 19 Fufs weit. Dasjenige Haupt derselben, welches dem Y zugekehrt ist, hat zwei Paare gewöhnlicher Stemmthore, nämlich eins für die Ebbe und eins für die Fluth. In dem andern, nächst dem Canal belegenen Haupt befindet sich nur ein Thorpaar, und dieses sind Fächerthore. Sie schlagen nach der Canalseite, als Ebbethore auf. Aus der folgenden Beschreibung wird sich ergeben, wie sie sowohl zum Durchschleusen der Schiffe, als auch zum Durchlassen grofser Wassermassen benutzt werden können.*)

In England, America und Frankreich besteht, soviel bekannt, keine Schleuse dieser Art. In Deutschland ist eine in Bremerhaven und eine zweite bei Varel im Grofsherzogthum Oldenburg, von Niederländischen Ingenieuren erbaut. In den Niederlanden selbst sind solche in neuerer Zeit nicht mehr zur Ausführung gekommen. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die erste, nämlich diejenige in Bremerhaven, die in den Jahren von 1828 bis 1830 erbaut wurde.

Sie bildet den Eingang zu dem älteren Hafen-Bassin oder Dock, welches sich zur Seite des Städtchens Bremerhaven hinzieht. In diesem Bassin wird der Wasserstand der Futh gehalten. Der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser beträgt durch-

*) Die nähere Beschreibung der dortigen örtlichen Verhältnisse ist bereits §. 68 bei Gelegenheit der Thore in der Schleuse Wilhelm III. gegeben.

schnittlich 10½ Fuſs Bremisch, oder 9 Fuſs 8 Zoll Rheinländisch*). Der Vorhafen, der zum Theil durch den Geeste-Fluſs gebildet wird, ist sehr starken Verschlammungen ausgesetzt, indem das Fluthwasser, welches über die Watten in die Weser tritt, mit vielen Thontheilchen vermengt ist, die es überall, wo es zur Ruhe kommt, also vorzugsweise in den Buchten und in den Mündungen von Seitenzuflüssen in grosser Masse niederschlägt. Aus diesem Grunde wurde die Anlage einer Spülschleuse für nothwendig erachtet, und zwar sollte, um die Einrichtung zweier besonderer Bassins zu vermeiden, der Hafen oder das Dock selbst als Spül-Bassin benutzt werden. Die Fächerthore fanden sonach hier angemessne Anwendung. Die Schleuse unterscheidet sich von sonstigen Dockschleusen nicht nur durch diese Thore, sondern sie ist auſserdem auch vollständige Kammerschleuse, und hat zwei Häupter. Hierdurch ist der Vortheil erreicht, daſs die Zeit, in welcher die Schiffe ein- und ausgeholt werden können, sich sehr verlängert, was namentlich wegen der vielen Lichterfahrzeuge von geringerem Tiefgange wichtig ist.

Die liehte Weite der Schleuse beträgt in der halben Fluthhöhe 36 Fuſs, auf den Böden und in den Häuptern dagegen wegen der Dossirung der Mauern nur 34 Fuſs. Die Kammer zwischen beiden Häuptern ist 80 Fuſs weit, also zur Aufnahme mehrerer Schiffe eingerichtet. Jedes Haupt ist mit Fluth- und Ebbethoren versehn, so daſs die Schleuse eben sowohl bei höherem Auſsenwasser, wie bei höherem Binnenwasser zum Durchlassen von Schiffen benutzt werden kann. Die äuſsern Fluththore, die zugleich zum Schutz gegen besonders hohe Fluthen dienen, sind 9 Fuſs höher, als die übrigen, und die Mauern, welche sich an dieselben anschlieſsen, liegen in der Höhe der Deiche oder 16 Fuſs über ordinärer Fluth. Die sonstigen Schleusenmauern treten dagegen nur 6 Fuſs darüber. Die Entfernung der Schlagschwellen der Fluththore in beiden Häuptern beträgt 190 Fuſs. Die ganze Länge der Schleuse miſst 263 Fuſs. Die Schlagschwellen der sämmtlichen Thore liegen nahe 19 Fuſs Bremisch oder 17½ Fuſs Rheinländisch unter ordinärer Fluth.

Die innern Fluththore werden durch die in Rede stehenden

*) Die folgenden Angaben beziehn sich auf Rheinländisches Maaſs.

Fächerthore gebildet und halten nicht nur das hohe Wasser im Hafen zurück, während Schiffe durchgeschleust werden, sondern lassen sich auch in der Zeit, wo das Aussenwasser niedriger steht, öffnen und wieder schliefsen, und dienen sonach zur Spülung des Vorhafens, ohne das Dock ganz zu entleeren, oder demselben soviel Wasser zu entziehn, dafs die darin befindlichen Schiffe auf den Grund gestellt würden.

Fig. 352 auf Taf. L stellt das dem Dock zugekehrte Haupt dieser Schleuse im Grundrifs dar, doch mufs bemerkt werden, dafs die Zeichnung nicht allen Einzelheiten der Ausführung entspricht, vielmehr so angeordnet ist, dafs daran zugleich manche Verschiedenheiten der Construction deutlich gemacht werden konnten. Auf der rechten Seite der Figur, bei *B*, bemerkt man noch einen Theil der erweiterten Schleusenkammer, die am andern Ende durch ein Paar Ebbethore und ein Paar hohe Fluththore mit dem äufsern Wasser, also durch die Geeste mit der Weser in Verbindung steht. Der Vor- und Hinterboden, sowie auch der Mittelboden des Hauptes sind mit verkehrten Gewölben überspannt, jedoch mit Radien beschrieben, welche etwas kleiner sind, als die halbe lichte Oeffnung der Schleuse. Sie bilden demnach nicht Halbkreise, sondern jedesmal zwei getrennte Quadranten, welche durch horizontale Mauern in der Höhe der Schlagschwellen mit einander in Verbindung stehn. Die Thorkammern haben hölzerne Böden, auch bestehn die Schlagschwellen aus Holz.

Die Anordnung und Wirksamkeit der Fächerthore ergiebt sich aus der Figur. Eins derselben ist geschlossen gezeichnet, und das andre zum Theil geöffnet. Jedes besteht aus zwei Flügeln *C* und *D*. Zwischen diesen befindet sich noch eine verstrebte Wand *E*, die nur zur sichern Verbindung der Flügel dient. Die Flügel *C* sind die eigentlichen Schleusen-, oder in diesem Fall die Ebbethore. Sie scheinen zwar als solche verkehrt gestellt zu sein, indem der höhere Wasserstand im Hafen, oder bei *A*, sie von den Schlagschwellen entfernen und öffnen würde, wenn sie gewöhnliche Schleusenthore wären. Die Flügel *D* werden jedoch, so lange die Thore geschlossen bleiben, dem gleichen Wasserdruck ausgesetzt, und verhindern daher das Oeffnen der erstern. Die Thore *D* lehnen sich in dieser Stellung auch sowohl mit den untern Rahmen an besondre Schlagschwellen, als auch mit ihren Schlagsäulen an

vortretende Ränder der Seitenmauern. Es ist nicht in Abrede zu stellen, dafs die Flügel *C* weniger dicht schliefsen, als wenn sie in gewöhnlicher Weise gegen einander und zugleich gegen Schlagschwellen durch den Wasserdruck gepreſst würden, aber man darf nicht unbeachtet lassen, dafs die Wirksamkeit dieser Thore nur während der Dauer des Durchgangs von Schiffen in Anspruch genommen wird, und sobald das Durchschleusen aufhört, die Ebbethore des äufsern Hauptes, die in gewöhnlicher Weise eingerichtet sind, den höhern Wasserstand im Hafen zurückhalten.

Die verschiedene Länge der beiden Flügel eines Fächerthors giebt nicht nur Gelegenheit, dasselbe gegen den höhern Wasserdruck geschlossen zu erhalten, sondern man kann vermöge derselben auch durch angemefsne Vertheilung des Drucks die Thore beliebig öffnen und wieder schliefsen, um die nöthigen Spülungen des Vorhafens zu bewirken. Die Räume *H* zwischen der Flügelmauer der Schleuse und dem Flügel *D* können nämlich durch Umläufe, sowohl mit dem Binnenwasser, als mit dem Aufsenwasser in Verbindung gesetzt, und sonach der Wasserstand darin beliebig gehoben oder gesenkt werden. Der Umlauf oder überwölbte Canal bei *F* setzt diesen Raum mit dem Dock in Verbindung, der Umlauf *G* dagegen mit der Schleusenkammer. Der letzte Umlauf setzt sich aber, wie die Figur zeigt, noch um die Schleusenkammer fort und mündet unmittelbar in den Vorhafen, wodurch das Oeffnen der Thore bewirkt werden kann, wenn auch der Wasserstand in der Schleusenkammer so hoch wie im Hafen, der Wasserstand im Vorhafen aber niedriger ist.

Um das Thor trotz eines niedrigern Wasserstandes in der Schleusenkammer geschlossen zu erhalten, darf man nur das Schütz *G* schliefsen und *F* öffnen. Sobald aber die Spülung erfolgen soll, werden zunächst die übrigen drei Thorpaare geöffnet und die äufsern Ebbethore festgestellt, damit sie nicht etwa von der Strömung gefafst und gewaltsam zugeschlagen werden. Hierauf schliefst man das Schütz *F* und öffnet *G*. Dadurch stellt sich zu beiden Seiten des längern Flügels *D* ein gleicher Wasserstand, nämlich der äufsere ein, und der gegen diesen Flügel bisher ausgeübte Druck hört auf. Der Druck des Binnenwassers auf den Flügel *C* bleibt daher allein wirksam, und das Thor wird zurückgedreht. Will man endlich die Spülung unterbrechen, so ist nur

nöthig, die Schütze *F* und *G* wieder in ihre frühere Stellung zu bringen, wodurch der Druck gegen den längern Flügel hergestellt, und dadurch das Thor geschlossen wird.

Der wichtigste Theil in der Zusammensetzung dieser Schleusen sind die Fächer-Thore, ich mache daher mit ihrer Beschreibung den Anfang. Die beiden mit einander verbundenen Flügel sind zugleich mit der nicht bekleideten Zwischenwand *E* an eine gemeinschaftliche Wendesäule befestigt. Fig. 353 zeigt dieses in gröfserm Maafsstabe. Die Wendesäule ist aus einem Eichenstamm von 22 und 26 Zoll Stärke geschnitten. An dem Theile, der in der flachen Wendenische ruht, ist sie cylindrisch geformt, und an diese Cylinderfläche schliefsen sich tangential die äufsern mit Bohlen bekleideten Flächen der beiden Thorflügel an. Dieselben schliefsen einen Winkel von etwa 75 Graden ein. Die Rahme und Riegel der beiden Flügel sind nach der in Holland üblichen Weise in die Wendesäule verzapft, und greifen überdiefs darin noch mit Brüstungen ein. Zu diesem Zweck mufs die Wendesäule mit drei Anschlufsflächen versehn werden, von denen jedoch die eine, nämlich diejenige, welche sich an den längern Flügel *D* anschliefst, nicht senkrecht gegen die Richtung desselben, sondern schräge gehalten ist, um das zur Wendesäule bestimmte Holzstück nicht zu sehr zu schwächen. Die Wendesäule ist aufserdem sowohl oben als unten mit cylindrischen Zapfen versehn, auf welche abgedrehte, metallne Ringe und Büchsen aufgesetzt sind, wie Fig. 316 auf Taf. XLV zeigt.

Die vordern und hintern Flügel der Fächerthore unterscheiden sich, wenn man von ihrer Verbindung mit einer gemeinschaftlichen Wendesäule absieht, in nichts von gewöhnlichen Schleusenthoren. Ihre Länge ist, wie bereits erwähnt, nicht gleich, vielmehr die des hintern Flügels gröfser. Gemeinhin verhalten sich ihre Längen wie 5 zu 6. Auch ihre Höhen sind verschieden, wiewohl die obern Rahme, sowie auch die sämmtlichen Riegel Beider gleich hoch liegen. Der hintere Flügel reicht nämlich etwa 6 Zoll tiefer herab, als der vordere *C*. Dieses begründet sich dadurch, dafs letzterer über diejenige Schlagswelle fort sich frei bewegen mufs, welche die Fächerkammer begrenzt und an die der Flügel *D* sich lehnen soll. Für diese Bewegung ist bei den unvermeidlichen Formveränderungen mindestens ein Spielraum von 2 Zoll erforderlich,

und geringer als 4 Zoll darf die Höhe des Anschlags füglich nicht sein.

Die Eisenbeschläge, welche bei diesen Flügeln die Verbindung der Rahmen und Riegel mit der Wendesäule darstellen, sind wesentlich verschieden von denen bei gewöhnlichen Schleusenthoren. Eckbänder können nur auf den äufsern Flächen angebracht werden, und die Bügel, welche die Wendesäule umfassen, treffen hier nicht mehr auf die gegenüberstehenden Seiten derselben Riegel und Rahme. Man pflegt bei den Fächerthoren nach ihrer Gröfse zwei bis drei starke Bügel anzubringen, die an die obern Rahme und die obern Riegel beider Flügel und zwar an deren äufsern Flächen befestigt sind, und die Wendesäule umfassen. An den untern Riegeln und dem untern Rahm werden Eckbänder und zwar auswärts angebracht. Die benannten Beschläge müssen selbstredend in die Holzflächen eingelassen werden, dürfen zum Theil auch nicht mit vortretenden Bolzenköpfen versehn sein. Auf den innern Seiten bringt man überall, wo auswärts der Beschlag liegt, eine Art von Bügel an, die sich von den Riegeln des einen Thors, an der Wendesäule vorbei, bis zu dem entsprechenden des andern Thors hinziehn. Gegen die Wendesäule werden sie mit einem oder zwei mit Widerhaken versehenen Spitzbolzen befestigt, während die Schraubenbolzen, welche den äufsern Beschlag halten, auch durch sie hindurchreichen, und mit Schraubenmuttern daran befestigt sind. Nach der Figur könnte es scheinen, dafs das Einziehn und Befestigen dieser Bolzen wegen des durch die Zwischenwand sehr beschränkten Raums Schwierigkeiten veranlassen möchte und vielleicht ganz unmöglich wäre, diese Schwierigkeit wird aber umgangen, indem man die Zwischenwand nicht früher einsetzt, als bis die Flügel vollständig verbunden, befestigt und bekleidet sind.

Die Bekleidung der Flügel mit Bohlen stimmt mit der oben beschriebnen, bei Niederländischen Schleusen sonst üblichen, überein. Der einfache Bohlenbelag wird in der Richtung der Streben aufgebracht und in Falze der beiden Stiele und der beiden Rahme eingelassen. Die Streben, deren bei Fächerthoren gewöhnlich zwei oder drei in jedem Flügel angebracht sind, bilden in der äufsern Fläche selbst einen Theil der Bekleidung, und die nächsten Bohlen stofsen nur stumpf dagegen. Im Allgemeinen befindet sich bei allen Schleusenthoren, sowie auch bei jeder ähnlichen Verbindung

die Bekleidung oder der Belag an derjenigen Seite, die dem Wasserdruck ausgesetzt ist. Auf der andern Seite angebracht, würden die Bohlen sich nicht gegen die Riegel lehnen, also nur noch durch die Nägel gehalten werden. Hiernach würde im vorliegenden Fall der kürzere Flügel *C* in der äufsern Fläche, der längere Flügel *D* dagegen in beiden Flächen bekleidet werden müssen, weil dieser bei dem beschriebenen Gebrauch des Fächerthors zuweilen von der einen und zuweilen von der andern Seite dem Druck ausgesetzt ist. In manchen Fällen kommt es indessen auch vor, dafs die Flügel *C* oder die eigentlichen Schleusenthore nicht nur als Ebbe-Thore wirksam sind, sondern zu Zeiten auch die Stelle der Fluththore versehn müssen. Alsdann werden auch diese Flügel von beiden Seiten verkleidet, was bei den längern fast jedesmal geschieht. Eine solche zweifache Bekleidung vertheuert indessen die Anlage, und man hat daher zuweilen, wie in den Fächerthoren der Schleuse bei Ter-Neuzen selbst den längern Flügel nur mit einfacher Verkleidung versehn. Diese ist aber noch besonders gesichert, indem man über dieselbe bei jedem Rahm oder Riegel eine breite und starke eiserne Schiene legte, die wieder in der Mitte jeder Bohle durch einen Schraubenbolzen an den Riegel befestigt wurde.

Die beiden Flügel eines Fächerthors können in der beschriebenen Weise eben so sicher, wie andre Schleusenthore gegen Formveränderungen und sonstige Beschädigungen geschützt werden. Für dieselben tritt aber noch die Bedingung hinzu, dafs auch ihre gegenseitige Verbindung und ihr Abstand von einander vollständig gesichert ist und keine Veränderung darin eintritt. Es ergiebt sich augenscheinlich, dafs die Verzapfung in die gemeinschaftliche Wendesäule, sowie auch die zu diesem Zweck angebrachten Bügel und Eckbänder keine hinreichende Verbindung der beiden Flügel darstellen. Eine solche innige und dauernde Verbindung, welche keine Aenderung des gegenseitigen Abstandes weder im Ganzen, noch an einzelnen Theilen gestattet, ist aber dringend nothwendig, indem beide Flügel, sobald die Schleuse geschlossen wird, sich wasserdicht an ihre Schlagschwellen lehnen sollen, während nur ein Flügel durch den Wasserdruck dagegen gepreſst, der andere aber durch denselben Druck zurückgedrängt wird. Auch mufs einem Mangel an Steifigkeit des einzelnen Flügels insofern vorge-

beugt werden, dafs nicht etwa die Schlagsäulen der eigentlichen Schleusenthore am obern Theil durch den Wasserdruck zurückgedrängt und von einander entfernt werden. Um eine solche Verbindung darzustellen, werden die beiden Flügel eines Fächerthors durch Zwischenriegel oder Gordungen mit einander verbunden. Man wählt dazu gewöhnlich krumm gewachsene Holzstücke, wie die Figur auch solche zeigt. Gerade Riegel wären freilich insofern vorzuziehn, als sie unter starkem Druck nicht so leicht durchbiegen, dagegen ist aber auch nicht zu verkennen, dafs ihre Verbindung mit den Riegeln der Thore, die in schwalbenschwanzförmigen Kämmen bestehn, dauerhafter ist, wenn die Holzfasern sich nahe unter rechten Winkeln kreuzen. Aufser dem Kamme wird die Verbindung in jeder Kreuzung noch durch einen hindurchgezogenen Schraubenbolzen dargestellt. Es ergiebt sich aber, dafs theils zur Vereinfachung der Construction, und noch mehr zur vollständigen Aufhebung des horizontal wirkenden Wasserdrucks diese Gordungen horizontal angebracht, oder die zu verbindenden Riegel beider Flügel in gleicher Höhe sich befinden müssen. Man kann diese Bedingung auch in Betreff der untern Rahme noch erreichen, wenn man diejenigen, die sich im Flügel *C* befinden, aus hochkantigem Holz ausschneidet, so dafs ihre obern Flächen mit der Höhe der Rahme im Flügel *D* übereinstimmen.

Diese Gordungen werden zunächst an die äufsern Enden der Rahme und Riegel, also in die Nähe der Schlagsäulen gelegt. Auf jeden der beiden Rahme eines Thorflügels, sowie auf jeden Riegel trifft eine solche Gordung. Indem aber die Gefahr des Durchbiegens der Schleusenthore bei deren verschiedenen Stellungen in gröfserer Höhe auch gröfser wird, so geschieht es nicht selten, dafs man auf die obern Rahme und die obern Riegel und zwar in der Nähe ihrer äufsern Enden doppelte Gordungen anbringt, und zwar alsdann neben den bogenförmigen noch gerade. Die Figur stellt diese Anordnung dar. Aufserdem mufs aber durch ähnliche Verbindungen auch dem Durchbiegen der Riegel vorgebeugt werden, daher trifft eine zweite Reihe von Gordungen, die in gleicher Weise aufgebracht und befestigt sind, die Mitte jedes Rahms und jedes Riegels. Bei einzelnen, besonders weiten Fächerthoren, hat man sogar drei Reihen von Gordungen angebracht.

Damit diese Gordungen ihren Zweck vollständig erfüllen,

müssen sie aus starkem Holz bestehn, gemeinhin wählt man dazu Stücke von 12 Zoll im Gevierten. Dieselben würden, wenn sie ohne weitere Unterstützung angebracht wären, und allein auf den Riegeln der Thorflügel ruhten, diese übermäfsig belasten, und leicht das Durchsacken der Thore befördern. Um dieses zu verhüten, unterstützt man sie durch eine besondre Zwischenwand *E.* Dieselbe ist bei Anwendung krummer Gordungen auch schon zur Verhinderung des Kantens nothwendig. In der Schleuse bei Ter-Neuzen hat man zwei dergleichen Zwischenwände angebracht.

Die Construction der Zwischenwände ist bei der wesentlichen Verschiedenheit ihres Zwecks auch von der der Schleusenthore abweichend, dazu kommt noch, dafs die Verbindung mit der Wendesäule durch Bügel oder Bänder dabei nicht angebracht werden kann. Man mufs auch zur Befestigung der Rahme und Riegel dieser Wand an die Wendesäule eine Verbindungsart wählen, die sich noch darstellen läfst, wenn schon die beiden eigentlichen Flügel vollständig zusammengesetzt sind. Aus diesem Grunde läfst man die Rahme und Riegel der Zwischenwand mit schwalbenschwanzförmigen Zapfen in die Wendesäule eingreifen, und sichert sie durch scharf eingetriebene Keile, wie Fig. 354 über dem obern Rahm und dem obern Riegel zeigt. In der Nähe ihrer äufsern Enden werden diese Rahme und Riegel durch einen zur Seite aufgekämmten und mittelst Schraubenbolzen daran befestigten Stiel verbunden. Dieser Stiel wird durch eine Strebe unterstützt, die sowohl in ihn, als auch in die Wendesäule mit Zapfen und Versatzung eingreift, und aufserdem mit den Riegeln durch Bolzen verbunden ist. In den Figuren 352 und 354 ist eine etwas verschiedene Anordnung dargestellt, die auch bei der Schleuse in Bremerhaven gewählt ist, und ohne Zweifel vor der eben beschriebenen den Vorzug verdient. Statt des einen Stieles sind nämlich deren zwei angebracht, die wie Zangen die sämmtlichen Riegel umfassen. Sie werden aber, was besonders wichtig ist, durch zwei Streben unterstützt, die zu beiden Seiten der Riegel einander gegenüber stehn, und gleichfalls durch Schraubenbolzen verbunden sind. Zu bemerken ist dabei noch, dafs diese Streben, deren untere Enden zwischen die untern Riegel der beiden Thorflügel treffen, nicht allein in die für die Zwischenwand bestimmte Fläche der Wendesäule eingreifen, sondern zu beiden Seiten noch etwas darüber

hinaustreten, und in den Kreuzungen mit den Riegeln der Zwischenwand möglichst wenig geschwächt, vielmehr die letztern eingeschnitten sind, was ohne Gefährdung der Sicherheit auch geschehn konnte.

Die Riegel der Zwischenwand unterstützen unmittelbar die Gordungen. Die Darstellung einer recht innigen Verbindung zwischen beiden ist zwecklos, da ein Verschieben zur Seite hier nicht denkbar ist, auch kaum die Steifigkeit dieser Wand einem solchen begegnen könnte. Aus diesem Grunde liegen die Gordungen auf diesen Riegeln nur stumpf auf, oder sind doch nur flach darin verkämmt, aber jedenfalls durch Schraubenbolzen verbunden. Die Verbindung der Gordungen mit den Rahmen und Riegeln der Thorflügel mufs dagegen möglichst innig sein, und deshalb greift hier die Verkämmung einige Zolle tiefer ein. Dadurch erreicht man den Vortheil, dafs die Riegel der Zwischenwand nicht mit denen der Thorflügel in gleicher Höhe liegen dürfen, und dieser Umstand bietet wieder die Gelegenheit, jene oben beschriebenen Bügel, welche beide Thorflügel an den innern Seiten verbinden, so anzubringen, dafs sie das Einsetzen der Riegel der Zwischenwand in die Wendesäule nicht hindern.

Endlich mufs bei Beschreibung der Fächerthore noch eines Nebentheils derselben Erwähnung geschehn, wenn er auch nur selten Anwendung gefunden hat. Bei Benutzung dieser Thore zur Darstellung einer kräftigen Spülung, öffnen sie sich nämlich keineswegs vollständig, oder treten ganz in die Fächerkammern zurück, vielmehr bleiben sie in ähnlicher Weise, wie die Thore der Alewynschen Schleuse halb geöffnet stehn, und man kann sie sogar auch mittelst der Winden nicht zurückziehn, da der Stofs des strömenden Wassers überwiegend ist. Eine solche Stellung der Flügel verursacht sehr unregelmäfsige Bewegungen des Wassers, denen man durch das Spiel der Schütze, die bald mehr, bald weniger geöffnet werden, sowie durch die Winden, die unmittelbar die Thore halten sollen, möglichst zu begegnen sucht. Nichts desto weniger nehmen die Thore doch oft plötzlich sehr bedenkliche Bewegungen an, die vielleicht durch das Einfallen des Stroms in den Zwischenraum zwischen das äufsere und innere Thor veranlafst werden. Um diesem zu begegnen, hat man zuweilen diesen Zwischenraum durch eine dichte Bohlenwand geschlossen, die man in den

Niederlanden Stroomschott nennt. Die vordere Reihe der Gordungen bietet eine bequeme Gelegenheit zur Anbringung solcher Wand, ob dadurch aber wirklich dem Hin- und Herschlagen der Thore vorgebeugt wird, dürfte zweifelhaft sein. Diese Wände dürfen den Raum zwischen den Flügeln keineswegs wasserdicht abschliefsen, also nicht die Darstellung der zu ihrer Bewegung erforderlichen Wasserstände beeinträchtigen.

Der längere Flügel jedes Fächerthors bewegt sich in einem freien Raum zur Seite der Schleuse, der durch eine cylindrische Mauer begrenzt wird. Dieser Raum ist in vorstehender Beschreibung schon mit dem Namen der Fächer-Kammer bezeichnet, die Holländischen Baumeister nennen ihn Waaijer-Kas. Der Boden dieser Kammer besteht wieder aus Holz, und seine Construction ist von den § 64 und 65 beschriebenen, in den Niederlanden üblichen hölzernen Schleusenböden nicht wesentlich verschieden. Auch unter den Fächerkammern befinden sich doppelte Querbalken, die Pfannenträger oder Complaten haben aber eine gröfsere Länge und Höhe, indem sie zugleich als Schlagschwellen für die Fächerthore dienen, wenn die kürzern Flügel oder die eigentlichen Schleusenthore geschlossen sind. Sie ragen deshalb über den Schleusenboden 6 Zoll vor und erstrecken sich über die ganze Länge der Fächerkammer. In Fig. 352 bemerkt man dieselben. Am hintern Ende der Fächerkammer wird eine ähnliche Schwelle zur Schliefsung des Spielraums bei geöffnetem Thore nicht angebracht. Sie ist daselbst auch überflüssig, weil das Thor, wie schon erwähnt, beim Spülen doch nicht soweit zurückschlägt, und beim Durchschleusen der Schiffe der Druck zum Schliefsen der Thore sich in hinreichender Gröfse darstellt, wenn auch durch diesen freien Zwischenraum etwas Wasser abfliefst.

Die cylindrisch geformte Umschliefsungsmauer der Fächerkammer erfordert eine besonders sorgfältige Ausführung, da der Spielraum zwischen derselben und der Schlagsäule des längern Thorflügels möglichst klein bleiben mufs, damit bei jeder Stellung des Thors die zu dessen Bewegung und Unterstützung erforderlichen Wasserstände sich wirklich darstellen, und nicht etwa soviel Wasser neben und unter dem Thorflügel abfliefst, dafs zu beiden Seiten nahe dasselbe Niveau eintritt. Andrerseits mufs aber jeden-

falls auch eine Berührung des Thors mit dieser Mauer vermieden werden, wodurch die leichte Beweglichkeit des ersten aufgehoben würde.

Die Pfanne für die Wendesäule läfst man schon vor der Ausführung der Mauern der Fächerkammer in den Pfannenträger ein, und stellt einen mit passendem Zapfen versehenen beweglichen Stiel hinein, der durch eine feste Verstrebung auch oben durch ein Halsband gefafst wird, also dieselben Bewegungen, wie später die Wendesäule machen kann. An diesen Stiel, der in seiner ganzen Länge regelmäfsig bearbeitet sein mufs, befestigt man einen Arm, der also den Radius der innern cylindrischen Fläche darstellt, und als Chablone beim Mauern dient. Derselbe kann aber, wie die Mauer höher wird, auch gehoben werden, ohne dabei seinen Abstand von der Drehungsachse zu verändern. Er wird bei jedem einzelnen Stein, den man versetzt, vor denselben geschoben und der Stein so nahe daran gelegt, dafs er ihn fast berührt. Sein Kopf ist mit Eisen beschlagen, damit er sich nicht abnutze. Die Mauer wird aus gebrannten Steinen ausgeführt, ist aber oben mit einer Schicht Werksteine überdeckt, die an der innern Seite nach derselben Krümmung bearbeitet sind und mit Hülfe der erwähnten Chablone gleichfalls sorgfältig versetzt werden. Der am äufsern Ende dieser cylindrischen Mauer vortretende Pfeiler, der den Anschlag für den längern Flügel bildet, und der einen wasserdichten Schlufs darstellen mufs, besteht dagegen ganz aus Werksteinen, die in das Ziegelmauerwerk gehörig einbinden. Um den wasserdichten Schlufs möglichst vollständig zu bilden, wird zuweilen eine Feder von weichem Holz an die Schlagsäule befestigt, die den Unebenheiten der Steine sich besser anschliefst, und sobald sie schadhaft wird, leicht durch eine neue ersetzt werden kann. In ähnlicher Weise tritt die Mauer auch gegen das hintere Ende der Fächerkammer etwas vor. Dieser Vorsprung hat indessen nur den Zweck, das zu weite Zurückschlagen des Thors zu verhindern, auf wasserdichten Abschlufs kommt es bei demselben nicht an, und er wird daher nicht anders, als der übrige Theil der Mauer behandelt.

Die Wendenischen unterscheiden sich von denjenigen der gewöhnlichen Schleusenthore wesentlich dadurch, dafs sie sehr flach sind. Ihre Tiefe beschränkt sich in der That auf wenige Zolle, und man kann sie nicht tiefer machen, als einerseits der

kürzere Flügel, wenn er geschlossen, und andrerseits der längere Flügel, wenn das Thor geöffnet ist, dieses gestatten. Innerhalb dieser Grenzen wird die Wendenische cylindrisch und zwar mit sorgfältiger Beobachtung aller Vorsichtsmaafsregeln zur Bildung einer recht regelmäfsigen Fläche in Werkstücken ausgeführt.

Die Umläufe müssen hinreichende Höhe und Breite haben, damit sie bedeutende Wassermassen der Fächerkammer schnell zuführen, oder daraus entfernen. Sie ziehn sich der Länge nach durch die beiderseitigen Schleusenmauern hindurch, und damit sie diese nicht zu sehr schwächen, giebt man ihnen eine gröfsere Höhe, als Breite. Der Umlauf F, der die Verbindung mit dem Binnenwasser darstellt, mündet jederzeit etwa in der Mitte der ebnen Mauer, welche die Fächerkammer abschliefst. Dagegen befindet sich meistentheils auch die Mündung des zweiten Umlaufs in derselben Mauer unmittelbar daneben. Angemessener erscheint die in der Figur dargestellte Anordnung, wobei der zweite Umlauf bedeutend abgekürzt und aufserdem auch eine nochmalige Biegung desselben vermieden wird.

Das Halsband, womit man die Wendesäule eines Fächerthors fafst, kann nicht die sonst übliche Verankerung mittelst mehrerer divergirenden Arme erhalten, indem es in einer vortretenden Mauerecke sich befindet. Es hat gewöhnlich die in Fig. 322 oder 324 auf Taf. XLV dargestellte und schon oben § 69 beschriebne Einrichtung. Man giebt demselben aber jedesmal eine sehr kräftige Unterstützung, indem man über das äufsere Ende der Fächerkammer und zwar in die Richtung der Schleusenmauer einen starken Balken legt, den Fig. 352 in der obern Hälfte zeigt. Derselbe trifft über den Kopf der Wendesäule, und ist auf der untern Seite mit einer durch Versatzung und Schraubenbolzen daran befestigten Knagge versehn, die sich scharf gegen den vorderen Theil des Halsbandes lehnt. Eine ähnliche Knagge befindet sich an der andern Seite und stemmt gegen die Schleusenmauer.

Der eigentliche Zweck dieses Balkens ist die Ueberbrückung der Fächerkammer. Wenn dieselbe offen bliebe, so würde sie den Verkehr auf der Schleusenmauer, und sonach die von hier aus den durchgehenden Schiffen zu leistende Hülfe behindern. Fig. 352 zeigt in dem obern Theil die gewöhnliche Zusammensetzung dieser Ueberbrückung. Sie ist ganz in die Schleusenmauer versenkt, so

dafs sie mit der Oberfläche derselben in einer Ebene liegt. Zu diesem Zweck sind die sämmtlichen Decksteine, welche die Fächerkammer umgeben, mit Falzen von angemefsner Weite und Tiefe versehn, worin die Verbandstücke der Brücke liegen.

Neben der cylindrischen Mauer befinden sich in der Brücke mehrere Klappen. Diese dienen vorzugsweise zum Durchziehn der Taue, mittelst deren man die Bewegung der Fächerthore unterstützt, sie auch ganz zurückzieht, falls Schiffe hindurchgehn sollen. Zu diesem Zweck sind an den Köpfen der Schlagsäulen Bügel angebracht, in welche man die Taue einknüpft und letztere werden mittelst Erdwinden, so oft es nöthig ist, angezogen. Indem jedoch kein Raum vorhanden ist zur Aufstellung einer Erdwinde, welche unmittelbar das Thor schliefsen könnte, so wird an dem bereits erwähnten Balken, der die Thorkammer an ihrem Ende überspannt, eine Scheibe befestigt, und indem man das an die Schlagsäule des längern Flügels befestigte Tau über diese zieht, kann eine weiter zurückgestellte Erdwinde auch zum Schliefsen des Thors benutzt werden.

Einige allgemeine Bemerkungen über die Leistungen der Fächerthore müssen dieser Beschreibung noch zugefügt werden, da die Behandlung derselben keineswegs so einfach und sicher ist, als man glauben möchte. Es handelt sich hierbei vorzugsweise um die Benutzung der Schleuse zum Spülen, denn wenn es nur darauf ankommt, Schiffe hindurchzulassen, so ist die Strömung niemals besonders heftig, und man kann mittelst der beschriebenen Erdwinden die Thore immer leicht in die beabsichtigte Lage bringen. Bei der Spülung dagegen öffnen sich die Thore, sobald durch gehöriges Einstellen der Schütze in den Umläufen der nöthige Wasserdruck wirksam ist, zwar sehr sicher, sie schlagen aber keineswegs ganz zurück, bleiben vielmehr auf halbem Wege stehn, und bewegen sich nunmehr fortwährend hin und her, indem theils der heftige Strom schon an sich dergleichen Schwankungen verursacht, diese aber ohne Zweifel durch die verschiedene und stets wechselnde Stellung der Thore noch vermehrt werden. Der Grund, weshalb die Thore sich nicht ganz öffnen, liegt sehr nahe. Sie würden vollständig zurückschlagen, wenn während der Durchströmung der Druck noch in gleicher Weise stattfände, wie im Augenblick, wo die Thore sich öffnen. Der auf den kürzern Flügel wirkende Druck

vermindert sich aber beim Oeffnen des Thors, indem das hindurchströmende Wasser eines Theils hier ein starkes Gefälle annimmt, also nicht mehr in der ganzen Länge des Flügels den frühern hohen Stand behält, andrerseits aber entspricht der Druck, den es ausübt, auch nicht mehr dieser geringeren Höhe, und würde ganz aufhören, wenn die volle Geschwindigkeit, der Niveau-Differenz entsprechend, einträte. Die Erfahrung, dafs die Thore sich von selbst wieder etwas schliefsen, wenn man sie gewaltsam zurückzuziehn versucht, beweist sogar, dafs in entgegengesetzter Richtung ein überwiegender Druck vorhanden ist, der zum Theil durch die wirbelnde Bewegung des zwischen die Thore fallenden Wassers veranlafst wird, grofsentheils aber wohl seinen Grund darin hat, dafs an der hintern Seite des kürzern Flügels sich auch ein höherer Wasserstand bildet, der, wenn er auch an allen Stellen unter dem Niveau des Stroms in der Schleuse bleibt, doch wegen der Geschwindigkeit und der daraus entspringenden Verminderung des Drucks, diesem das Gleichgewicht hält, und ein weiteres Zurückgehn der Thore verhindert. Dieser Umstand ist indessen, wenn dadurch auch allerdings der Effect der Spülung etwas verringert wird, an sich von wenig Bedeutung. Viel bedenklicher ist aber das Hin- und Herschwanken der Thore, die oft in so heftige Bewegung versetzt werden, dafs man besorgen mufs, sie möchten sich vollständig schliefsen oder ganz zurückschlagen, wodurch sie bei ihrer künstlichen Verbindung und Aufstellung einer augenscheinlichen Gefahr ausgesetzt wären. Die Erdwinden werden daher mit hinreichender Mannschaft besetzt und so gedreht, dafs sie den Bewegungen der Thore entgegenwirken. Aufserdem müssen auch die Winden zum Heben der Schütze besetzt, und letztere fortwährend so umgestellt werden, dafs sie gleichfalls die Schwankungen der Thore vermindern. Dieser Vorsichts-Maafsregeln ohnerachtet wagt man dennoch nicht die Spülung vorzunehmen, wenn die Niveau-Differenz zwischen Binnen- und Aufsenwasser gröfser als etwa 3 Fufs ist. Indem man aber dem Dock nicht viel Wasser entziehn und daher die Spülung auch bald wieder unterbrechen mufs, so bleibt die Wirkung derselben meist sehr geringe.

§. 75.
Schiffsschleusen mit Seitenbassins.

Diejenigen Schiffsschleusen, welche neben einem Wehr zur Seite eines gröfsern Flusses oder Stroms liegen, bedürfen keiner besondern Vorrichtungen, um den Wasserverbrauch beim Durchschleusen der Schiffe auf das möglichst geringste Maafs zu beschränken. Selbst bei anhaltender Dürre, wenn der Wasserstand des Flusses stark herabsinkt, bleibt seine Reichhaltigkeit vergleichungsweise zu derjenigen Wassermenge, die zum Füllen der Schleuse verbraucht wird, so überwiegend grofs, dafs kein Grund vorliegt, noch besondre und jedenfalls kostbare Anlagen auszuführen, um diese zu verringern. Anders verhält es sich dagegen mit Schiffahrts-Canälen, die durch Wasserleitungen gespeist werden, und wo die disponible Wassermenge oft so beschränkt ist, dafs sie für die trockne Jahreszeit nicht ausreicht und die Schiffahrt alsdann unterbrochen werden mufs. Bei der Beschreibung der Schiffahrts-Canäle wird über den Verbrauch des Wassers in denselben die Rede sein, von besondrer Bedeutung ist dabei aber, und zwar vorzugsweise bei Canälen, die stark benutzt werden, die wiederholte Anfüllung der Schleusen beim Durchgehn der Schiffe. Hieraus erklärt es sich, dafs so vielfache und zum Theil auch sehr sinnreiche Vorschläge gemacht wurden, diesen Verbrauch zu mäfsigen. Einige derselben sind auch in der That zur Ausführung gekommen und haben zufriedenstellende Resultate gegeben, während andre bisher zu grofse Schwierigkeiten zu bieten schienen, als dafs man ihre Ausführung versucht hätte. Es sollen im Folgenden nicht nur die Erstern beschrieben, sondern auch die Letztern angedeutet werden.

Die sämmtlichen hieher gehörigen Erfindungen lassen sich in drei Gruppen eintheilen. Die meiste Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Schiffsschleusen haben diejenigen, welche mit gewissen Seitenbassins versehn sind, die als Magazine für das Wasser dienen. Diese nehmen einen grofsen Theil des aus der Kammer ausfliefsenden Wassers auf, und sobald letztere wieder gefüllt werden soll, fliefst dasselbe in sie zurück. Die zweite Gruppe umfafst diejenigen Schleusen, welche bewegliche Kammern haben, die sich zu-

gleich mit den darin befindlichen Schiffen bald dem Ober- und bald dem Unterwasser anschliefsen. Zuletzt sind hier noch diejenigen Anordnungen zu behandeln, wobei die Schiffe auf Wagen gestellt und mittelst Eisenbahnen oder auch wohl senkrecht gehoben und gesenkt werden. Letztere darf man kaum noch zu den Schleusen zählen, nichts desto weniger sind sie so vielfach angewendet worden und haben zum Theil sich so sehr bewährt, dafs ihre Beschreibung nicht umgangen werden durfte.

Was zunächst die Einrichtung von Seitenbassins behufs Ermäfsigung des Wasserverbrauchs beim Füllen der Schleusen betrifft, so liegt die Idee sehr nahe, die lebendige Kraft des Wassers, welches beim Entleeren der Schleuse zum Theil unter starkem Druck, also mit grofser Geschwindigkeit abfliefst, zum nächsten Füllen der Kammer wieder zu benutzen. Wenn man die verschiedenen Reibungen und Widerstände beseitigen, und jene lebendige Kraft, die bei der gewöhnlichen Einrichtung der Schleusen ganz nutzlos bleibt, zum Theil sogar schädlich wirkt, vollständig auffangen könnte, so würde sie unter denselben Voraussetzungen genügen, um die Kammer aus dem Unterwasser zu füllen, so dafs der Bedarf an Wasser zum Füllen der Schleuse gar nicht durch den Zufluſs von oben her gedeckt werden dürfte.

Man hat in dieser Beziehung zuweilen eine ziemlich nahe liegende Idee angeregt. In einer zum Theil mit Wasser gefüllten, weiten gekrümmten Röhre, deren beide Schenkel lothrecht aufwärts gerichtet und oben offen sind, stellt sich in diesen das Wasser gleich hoch. Saugt man aber aus einem Schenkel die Luft ein wenig aus, und schliefst die Oeffnung mit dem Finger, so steht das Wasser hier höher, als im andern Schenkel. Wenn man nun plötzlich den Finger entfernt, so tritt es in den andern Schenkel über, bleibt aber in Folge des Trägheits-Moments nicht sogleich stehn, wenn es auf beiden Seiten den gleich hohen Stand erreicht hat, setzt vielmehr seine Bewegung so weit fort, bis es im zweiten Schenkel nahe dieselbe Höhe erreicht, die es früher im ersten hatte, und nunmehr erfolgt die entgegengesetzte ähnliche oscillirende Bewegung, bis es nach vielfachen, immer schwächern Schwankungen endlich zur Ruhe kommt. Könnte man ein Seitenbassin von gleicher Grundfläche wie die Kammer, mit dieser durch einen Canal verbinden, dessen Querschnitt dieser Grundfläche gleich

wäre, und wäre es möglich, diesen Canal momentan zu eröffnen und ihn eben so schnell wieder zu verschliessen, sobald das Wasser im Bassin den höchsten Stand erreicht hat, so würde man die Kammer plötzlich bis zum Unterwasser entleeren, und in gleicher Weise sie später mit derselben Wassermenge wieder beinahe eben so hoch wie früher füllen können. Diese Bedingungen sind indessen bei Schiffsschleusen nicht zu erfüllen. Der Verbindungs-Canal liefse sich mit grofsen Kosten zwar ausführen, aber der plötzliche und vollständige Verschluſs desselben, sowie auch seine momentane Eröffnung in voller Weite sind unmöglich.

Der Englische Ingenieur Josuah Field schlug vor*), diese Idee dadurch ausführbar zu machen, dass man dem viel engeren Verbindungs-Canal eine sehr grosse Längen-Ausdehnung giebt, damit er eben so viel Wasser fasst, als übergeführt werden soll. Dabei ist indessen übersehn, daſs es auf die möglichste Erhaltung der lebendigen Kraft ankommt, die augenscheinlich in dem langen Canal und noch mehr beim Austritt des Wassers aus demselben in das Bassin so vollständig zerstört wird, dass die Bewegung aufhören muss, sobald das Gleichgewicht sich dargestellt hat.

Lanz und Bétancourt wollten die Kammer aus dem Seitenbassin dadurch füllen, daſs sie in letztern einen grofsen Kasten eintauchten. Derselbe sollte so beschwert sein, daſs er von selbst bis zur erforderlichen Tiefe niedersank. Er hing aber an dem kürzern Arme eines Hebels, dessen längerer Arm bei dieser Eintauchung des Kastens nahe senkrecht stand und der horizontalen Lage um so mehr sich näherte, je weiter der Kasten aus dem Wasser trat. Sie zeigten, daſs durch passende Belastung des Hebels das Gleichgewicht in allen Stellungen sehr nahe sich erreichen läſst. Es kommt also nur darauf an, das Gleichgewicht zu stören und das Wasser in Bewegung zu setzen, wozu eine Menschenkraft genügen soll. Auf grofse Geschwindigkeit wäre dabei freilich nicht zu rechnen. Auch dieser Vorschlag ist nie zur Ausführung gekommen.

Einen andern Vorschlag, den D. Girard machte**), beurtheilte

*) *Transactions of the Institution of Civil Engineers.* Vol. 1, pag. 61.

**) *Rapport et mémoire sur le nouveau système d'écluse à flotteur de M. D. Girard.* Paris 1845.

die Pariser Academie der Wissenschaften sehr günstig, und erkannte dessen Brauchbarkeit vollständig an. Doch ist derselbe, soviel bekannt, noch nie versucht worden. Fig. 355 auf Taf. L zeigt die betreffende Anordnung der Schleuse, *a* im Grundriſs und *b* und *c* in zwei Längendurchschnitten, die beide durch die punktirte Linie des Grundrisses gelegt sind und die verschiedenen Stellungen des Schwimmers bezeichnen. In diesen Figuren ist ein sehr starkes Schleusengefälle angenommen, um die Höhenverhältnisse klar darstellen zu können.

Das zur Seite der Schleuse befindliche Bassin ist kreisförmig, und sein horizontaler Querschnitt ist etwas gröſser, als der der Schleusenkammer. Es steht mittelst eines Canals mit letzterer in Verbindung, ohne weder mit dem Oberwasser, noch mit dem Unterwasser verbunden zu sein. Der Schwimmer, aus einem eisernen Cylinder mit doppeltem Boden bestehend, hängt wie ein Gasometer an drei Ketten, die über feste Rollen gezogen und durch Gegengewichte gespannt werden, welche das Gewicht des leeren Schwimmers vollständig aufheben. Indem die Wände und Böden desselben aus Blechen gebildet sind, deren Raum-Inhalt vergleichungsweise zu den von ihnen eingeschloſsnen Räumen als verschwindend klein angesehn werden kann, so wird auch bei allen Einsenkungen das eigne Gewicht des Schwimmers durch das Gegengewicht beinahe aufgehoben, und seine Eintauchung und Bewegung bleibt von dem Gewicht der Füllung abhängig.

Sowohl das Oberwasser, als das Unterwasser des Canals wird bis nahe an das Bassin geführt, wie der Grundriſs zeigt, und jenes wie dieses ist durch weite abwärts gekrümmte guſseiserne Röhren mit den beiden Abtheilungen des Schwimmers in Verbindung gesetzt, nämlich das Oberwasser mit der obern, und das Unterwasser mit der untern Abtheilung. Die durch das Bassin hindurchgeführten, vertikal aufwärts gerichteten Schenkel dieser Röhren müssen sich wasserdicht an die Böden des Schwimmers anschlieſsen, ohne das Auf- und Abgehn desselben zu verhindern, sie sind daher abgedreht und geschliffen und mit Stopfbüchsen umschlossen. Die obere Abtheilung des Schwimmers, oder der Raum *B* ist oben offen, und unten mit einer Oeffnung versehn, an deren Rand sich eine Röhre anschlieſst, die bis zum untern Boden des Schwimmers herabreicht. Auf diese Weise besteht keine Verbindung zwischen

der obern und untern Abtheilung des Schwimmers, durch welche Wasser hindurchtreten könnte, vielmehr communicirt der Raum *B* allein mit dem Oberwasser. Letzteres kann aber durch die gebogene Röhre, welche in die betreffende Röhre sich einschiebt, in den Raum *B* frei aus und eintreten, so lange nicht das Kegelventil bei *D* geschlossen wird. Die untere Abtheilung des Schwimmers, oder der Raum *A*, steht in gleicher Weise mit dem Unterwasser in Verbindung, indem die zweite gekrümmte Röhre wieder durch den Boden hindurchtritt, und wenn er am tiefsten herabgesunken ist, nahe seine Decke, oder den Zwischenboden des Schwimmers berührt. Auch diese Verbindung kann mittelst eines Kegelventils bei *E* geschlossen werden. Aufserdem hat die äufsere Luft sowie zur obern, auch zur untern Abtheilung freien Zutritt, indem eine Röhre, und zwar in der Verlängerung der eben erwähnten, durch die obere Abtheilung hindurchgeführt ist, ohne eine Verbindung mit der letztern darzustellen.

Die Schleusenkammer sei leer, oder der Wasserstand darin mit dem Unterwasser im Niveau. Alsdann müssen auch beide Abtheilungen des Schwimmers leer sein, so dafs derselbe nur wenig eintaucht, wie Fig. 355b zeigt. Die Gegengewichte sind so abgeglichen, dafs sie in diesem Zustande den Schwimmer in solcher Höhe halten, dafs seine beiden Böden um 2 Zoll mit ihren Oberflächen tiefer liegen, als das Ober- und Unterwasser im Canal. Sobald man daher die beiden Ventile *D* und *E* öffnet, so tritt das Wasser gleichmäfsig in beide Abtheilungen ein. Dadurch wird der Schwimmer stärker belastet, sinkt also tiefer herab, und die anfängliche Niveau-Differenz von 2 Zoll bleibt unverändert während dieser ganzen Bewegung, so dafs die Einströmung sich gleichmäfsig fortsetzt, bis der Schwimmer die tiefste Stelle erreicht hat. Dabei bleibt aber der Wasserspiegel im Seitenbassin nicht derselbe. Wäre er constant, so würde der Schwimmer unter den obigen Voraussetzungen doppelt so tief herabsinken, als der Wasserstand in jeder der beiden Abtheilungen zunimmt. Seine Eintauchung nimmt auch wirklich in dieser Weise zu, aber der Wasserstand im Bassin ist derselbe, wie in der Schleusenkammer, und dieser steigt wegen des gleichen horizontalen Querschnitts des Schwimmers eben so hoch, wie letzterer tiefer herabsinkt. Die absolute Senkung des Schwimmers ist daher nur halb so grofs, als die Zunahme der Eintauchung,

oder sie entspricht der Zunahme des Wasserstands in jeder der beiden Abtheilungen, woher die Niveau-Differenzen gegen das Ober- und Unterwasser unverändert dieselben bleiben.

Der Schwimmer wird am weitern Herabsinken gehindert, sobald das ihn umgebende Wasser, welches im Niveau des Wassers in der Schleusenkammer steht, bis auf 2 Zoll dem Oberwasserstande des Canals sich genähert hat. Er stellt sich alsdann auf einen am Boden des Bassins angebrachten vortretenden Rand auf. Eine weitere Erhebung des Wasserstandes in der Schleuse findet nicht statt, man läfst indessen, ehe die Oberthore geöffnet werden, einige Zeit verstreichen, damit der Wasserstand in beiden Abtheilungen des Schwimmers sich mit dem Ober- und Unterwasser vollständig ins Niveau setzen kann. Alsdann schliefst man die beiden Ventile *D* und *E*, und öffnet die Oberthore. Der geringe gegen dieselben noch wirkende Wasserdruck kann unmittelbar durch die Winden überwunden werden, woher Schütze in den Thoren entbehrlich sind.

Soll nunmehr die Kammer wieder entleert, oder der Wasserstand in derselben bis zum Niveau des Unterwassers gesenkt werden, so mufs der Schwimmer sich heben, damit der Inhalt der Kammer wieder in das Bassin zurücktritt. Der Schwimmer hat beim Füllen der Kammer die in Fig. 355 *c* angedeutete Stellung angenommen. Nachdem das Schiff in die Kammer gebracht ist, und die Oberthore geschlossen sind, so öffnet man die Ventile *D* und *E*, und stellt dadurch wieder die Verbindung beider Abtheilungen des Schwimmers mit dem Ober- und Unterwasser her. Die beiderseitigen Wasserstände, welche durch jene gekrümmte Röhre verbunden werden, stehn nunmehr aber wieder nicht im Niveau. Sie hatten freilich beim Schliefsen der Ventile gleiche Höhe, aber beim Oeffnen der Oberthore der Schleuse trat in der Kammer und sonach auch im Seitenbassin ein um 2 Zoll höherer Wasserstand ein. Um eben soviel wurde auch der Schwimmer, und mit demselben das darin befindliche Wasser gehoben. Aus diesem Grunde fliefst nunmehr der Inhalt der beiden Abtheilungen des Schwimmers wieder nach den beiden Theilen des Canals ab, und die anfängliche Niveau-Differenz ändert sich auch nicht, weil der Schwimmer in demselben Maafse aufsteigt, wie das Wasser abfliefst. Indem er sich aber hebt, tritt das Wasser aus der Schleusenkammer

in das Seitenbassin zurück, und erstere nimmt den niedrigen Stand des Unterwassers an. Doch auch dieses geschieht wieder nicht vollständig, vielmehr ist alles Wasser aus den Abtheilungen des Schwimmers schon abgeflossen, und die weitere Bewegung desselben hört demnach schon auf, sobald die Niveau-Differenz zwischen der Schleusenkammer und dem Unterwasser 2 Zoll beträgt. Nachdem die Ventile alsdann wieder geschlossen sind, öffnet man gegen den geringen Wasserdruck die Unterthore, und senkt dadurch den Schwimmer so weit, dafs beim spätern Oeffnen der Ventile die Füllung des Schwimmers von selbst beginnt.

Es ist nicht in Abrede zu stellen, dafs die Anordnung des Apparates höchst sinnreich ist. Das beim Füllen der Kammer aus dem Ober- und Unterwasser in den Schwimmer hineingezogene Wasser, wird beim nächsten Entleeren der Kammer wieder vollständig nach derjenigen Seite zurückgegeben, von wo es entnommen war. Dasjenige Wasser dagegen, welches abwechselnd die Schleusenkammer und das Seitenbassin füllt, erleidet einen geringen Verlust indem bei jedem Oeffnen der Unterthore dasselbe 2 Zoll tief abfliefst, und daher bei jedem Oeffnen der Oberthore eben so viel wieder hinzugelassen werden mufs. Dieser Bedarf für die jedesmalige Füllung der Schleuse ist so unbedeutend, dafs er auch durch schwache Zuflüsse gedeckt wird, und man daher in dieser Beziehung die Aufgabe als gelöst ansehn kann. Als die Commission der Academie dieses Project beurtheilte, wies sie darauf hin, dafs in der Nähe von Paris eine sehr passende Gelegenheit zur Erbauung einer solchen Schleuse sich darbiete. Der Flufshafen bei St. Ouen liegt nämlich bedeutend höher, als der gewöhnliche Wasserspiegel der Seine, woher zur Verbindung beider eine Schleuse erbaut worden. Die Quellen, durch welche man den Hafen ursprünglich speisen wollte, haben sich bald als ungenügend gezeigt. Der Versuch, die Speisung durch Artesische Brunnen zu bewirken, ist auch mifsglückt, und man hat daher endlich zu einer Schöpfmaschine sich entschliefsen müssen, welche durch eine Dampfmaschine in Betrieb gesetzt wird. Letztere mufs durchschnittlich in jedem Jahre neun Monate hindurch im Gange bleiben, um den Wasserspiegel im Hafenbassin auf der erforderlichen Höhe zu erhalten. Die sehr starke Wasser-Consumtion des Hafens rührt aber beinahe ausschliefslich von dem so häufigen Füllen der grofsen

Schleusenkammer her, weshalb gerade hier das Bedürfnifs sich besonders dringend herausstellt, das Wasser aus der Schleusenkammer beim Entleeren derselben in einem Seitenbassin aufzufangen, um es zu den spätern Füllungen wieder benutzen zu können.

Der Grund, weshalb man diese Schleuse weder hier, noch sonst irgendwo zur Ausführung gebracht hat, beruht vielleicht in den grofsen Kosten der ersten Anlage und Unterhaltung, indem leicht Beschädigungen eintreten und namentlich die Stopfbüchsen undicht werden können. Dazu kommt noch, dafs das Ueberfliefsen des Wassers aus dem Canal in den Schwimmer, und rückwärts aus diesen in jenen bei der geringen Druckhöhe und der durch die Stopfbüchsen bedingten mäfsigen Weite der Röhren überaus langsam erfolgen wird, woher bei frequenter Schiffahrt eine Schleuse dieser Art unbrauchbar wäre.

Es giebt noch eine andre und an sich viel einfachere Art der Benutzung solcher Seitenbassins, wobei freilich nur ein Theil des aus der Kammer abfliefsenden Wassers aufgefangen, und zur spätern Füllung derselben wieder verwendet wird, die aber den wesentlichen Vorzug vor den beschriebenen besitzt, dafs sie nur die Anlage der Seitenbassins nebst verschliefsbaren Verbindungscanälen fordert und keiner sonstigen Vorrichtungen zur Darstellung des Gleichgewichts bedarf. Sie besteht darin, dafs, so lange das Wasser in der Kammer noch höher steht, als in einem Seitenbassin, es nicht in die nächste Canalstrecke, sondern in dieses abgelassen wird, bis beide im Niveau stehn. Alsdann schliefst man den Verbindungscanal, und beim nächsten Füllen der Kammer läfst man in diese das aufgefangene Wasser wieder zurückfliefsen. Seitenbassins solcher Art sind mehrfach angewendet, und haben sich sehr nützlich gezeigt, um den Wasserverbrauch der Schleusen zu ermäfsigen. Man hat aber in den meisten Fällen sich nicht mit einem Seitenbassin begnügt, sondern deren zwei, nämlich zu jeder Seite der Schleuse eins angebracht. An einigen Schleusen auf Englischen Canälen kommen sogar deren vier vor. Sobald ihrer mehrere sind, werden sie der Reihe nach benutzt, indem man das Wasser beim Entleeren der Kammer zuerst in das höchste Bassin treten läfst, bis in diesem der Wasserspiegel der Kammer sich dargestellt hat. Nachdem die Verbindung beider geschlossen ist, füllt man in gleicher Weise das nächst tiefer gele-

gene, und so fort, bis man den letzten Rest des Füllwassers der Kammer in das Unterwasser abfliefsen läfst. Beim Füllen der Schleuse werden in umgekehrter Reihenfolge die Bassins mit der Kammer in Verbindung gesetzt, und sobald der Wasserspiegel in dieser mit dem des obersten Bassins im Niveau steht, wird die Schleuse vollends aus dem Oberwasser gefüllt.

Schon Bélidor beschreibt eine Schleuse dieser Art*), die von Dubié im Jahre 1643 erbaut wurde und welche die nach Furnes und Ypern führenden Canäle verbindet. Er rühmt sie als die schönste Schleuse, die er gesehn habe, und dieses sowohl wegen der guten Ausführung, als auch besonders wegen der in Rede stehenden Seitenbassins. Die Kammer ist 124 Fufs lang und 21 Fufs weit. Das Schleusen-Gefälle beträgt nahe 21 Fufs. Sowohl im Ober- als Unterhaupte sind Umläufe angebracht, die des Oberhaupts stehn aber mit den zu beiden Seiten befindlichen Bassins in Verbindung, so dafs dieselben Mündungen theils zur Zuleitung aus dem Oberwasser und aus den Seitenbassins, theils auch zur Ableitung des Wassers in letztere dienen. Bélidor sagt, dafs durch diese Anordnung der Verbrauch an Wasser auf den dritten Theil ermäfsigt werde, und dafs es bei den spärlichen Zuflüssen des Canals von Ypern ohne diese Verminderung des Bedarfs nicht möglich sein würde, in demselben den erforderlichen Wasserstand zu erhalten. Indem die Gröfse der Seitenbassins nicht angegeben wird, so läfst sich nicht beurtheilen, ob die Ersparung an Wasser wirklich so grofs ist. Jedenfalls verdient dieser Gegenstand aber eine nähere Untersuchung.

Zunächst setze man voraus, dafs jedes Seitenbassin denselben horizontalen Querschnitt wie die Kammer hat. Wenn daher im Seitenbassin eine Wasserschicht von der Höhe m abfliefst, so steigt in der Kammer das Wasser eben so hoch. Damit aber das Wasser beim Abfliefsen in einer oder der andern Richtung möglichst vollständig aufgefangen wird, so fliefst es jedesmal so lange, bis im Seitenbassin und der Kammer ein gleiches Niveau sich darstellt. Sodann ist es auch Bedingung, dafs nach dem Füllen oder Entleeren der Kammer das Wasser in allen Seitenbassins sich wieder eben so hoch stellt, wie es vor dem vorhergehenden Entleeren oder

*) *Architecture hydraulique IV.* pag. 411.

Füllen der Kammer war, weil nur in diesem Fall die Operation in gleicher Weise wie früher sich wiederholt. Wenn aber beim Entleeren der Kammer das Wasser in der Höhe m in ein Seitenbassin abgelassen wird, so dient dieses Wasser später zur Füllung des nächst darunter befindlichen Theiles der Kammer, dieser mufs daher gleiche Höhe haben, und dasselbe gilt wieder von dem nächst folgenden Bassin, weil dahin dieselbe Wassermenge beim Entleeren der Schleuse geführt wird. Dieselbe Wassermenge fliefst daher bei dem nach einander erfolgenden Füllen und Leeren der Schleuse aus der obern Schicht der Kammer in das erste Seitenbassin, aus diesem in die zweite Schicht der Kammer, dann in das zweite Seitenbassin und so fort. Da aber die horizontalen Querschnitte einander gleich sind, so folgt daraus, dafs auch die Höhen aller Schichten in der Kammer so wie auch die Höhen der Füllung in allen Seitenbassins dieselben, nämlich gleich m sein müssen.

Man denke nun die Kammer gefüllt, und in allen Bassins das Wasser bis zum niedrigen Stande gesenkt, alsdann fängt man das Wasser der ersten Schicht der Kammer im ersten Bassin, der zweiten im zweiten auf und so fort. Das unterste Bassin, welches beim spätern Füllen der Kammer die unterste Schicht derselben anfüllen soll, mufs aber mit seiner Sohle (oder der untern Grenze des gesenkten Wassers in ihr) in der Oberfläche der untern Schicht liegen. Der Wasserstand in diesem Bassin, wenn es gefüllt ist, liegt also zwei Abtheilungen höher als das Unterwasser.

Wenn sonach n Seitenbassins vorhanden sind, so beträgt die ganze Anzahl der Schichten von der Höhe m zwischen Ober- und Unterwasser $n + 2$, und von denselben werden n zur spätern Füllung wieder benutzt oder erspart. In das Unterwasser des Canals fliefsen 2 Schichten, und ebensoviel müssen, wenn sonst kein Wasserverlust stattfindet, bei der nächsten Füllung der Kammer aus dem Oberwasser wieder entnommen werden. Man spart also relativ gegen den Wasserverbrauch einer Schleuse ohne Seitenbassins

$$\frac{n}{n+2}$$

also bei	1	Seitenbassin	$\frac{1}{3} = 0.33$
„	2	„	$\frac{1}{2} = 0.50$
„	3	„	$\frac{3}{5} = 0.60$
„	4	„	$\frac{2}{3} = 0.67$

Noch vortheilhafter werden die Seitenbassins, wenn man ihnen eine gröfsere Ausdehnung giebt. q bezeichne den horizontalen Querschnitt der Schleusenkammer und rq denjenigen der Seitenbassins. Letztere mögen beim Aufnehmen des Wassers um m sich höher anfüllen. Die oben aufgestellten Bedingungen gelten auch für diesen Fall, und man betrachte das Entleeren der Kammer, deren Höhe vom Oberwasser bis zum Unterwasser des Canals in Schichten von der Höhe m eingetheilt ist. Die ersten Schichten, deren Anzahl gleich r ist, werden in das obere Bassin geleitet. Das zweite Bassin nimmt wieder r Schichten aus der Kammer auf, und jedes füllt sich dabei um eine Schicht von der Höhe m. Dasselbe geschieht auch im letzten, oder dem $n$ten Bassin. Alsdann mufs aber das gemeinschaftliche Niveau $r + 1$ Schichten über dem Unterwasser liegen, weil beim spätern Füllen der Schleuse die eine Schicht aus diesem Bassin den Wasserstand in der Kammer um r Schichten heben soll. Hiernach beträgt die ganze Anzahl der gleich hohen Schichten zwischen Ober- und Unterwasser des Canals

$$(n + 1)\, r + 1$$

während der Inhalt von rn Schichten in den Seitenbassins zurückgehalten wird. Man erspart also relativ gegen eine gewöhnliche Schleuse

$$\frac{rn}{(n + 1)\, r + 1}$$

Hätten die horizontalen Querschnitte der Seitenbassins die doppelte Gröfse von denen der Kammer, oder wäre $r = 2$, so würde die relative Ersparung von Wasser sein

$$\frac{2n}{n\,2 + 3}$$

bei	1	Seitenbassin	$\frac{2}{5} = 0.40$
„	2	„	$\frac{4}{7} = 0.57$
„	3	„	$\frac{6}{9} = 0.67$
„	4	„	$\frac{8}{11} = 0.73$

Es ergiebt sich hieraus, dafs man den Wasserbedarf zum Füllen der Schleusen durch Anlage von Seitenbassins allerdings erheblich vermindern kann, besonders wenn dieselben in grofser Anzahl vorhanden sind und jedes eine bedeutende Ausdehnung hat. Der Schleusenbau wird indessen dadurch sehr vertheuert, auch

mufs jedes Bassin durch einen gehörig weiten Canal mit der Kammer verbunden werden, und in ihm müssen sich zwei Schütze befinden, die den Druck sowohl von einer, als von der andern Seite aufheben, ferner müssen die Bassins in den Seitenwänden, wie in den Sohlen wasserdicht geschlossen werden, und die Sohlen müssen etwas tiefer liegen, als die Niveaus, bis zu welchen das Wasser daraus abgelassen wird, weil der Abflufs über einem beinahe trocknen Boden gar zu langsam erfolgen würde. Der grofse Zeitverlust bei der vielfachen Zu- und Abführung des Wassers bis zur Darstellung eines gleichen Niveaus ist aber bei frequenter Schifffahrt ganz unstatthaft, und dazu kommt noch, dafs die angegebenen relativen Ersparungen nur die äufsersten Grenzen bezeichnen, die man niemals vollständig erreichen kann.

Hieraus erklärt es sich, dafs man bei dem so vielfach in Canälen eintretenden Wassermangel, der oft Monate hindurch die Schiffahrt unterbricht, dennoch nur in seltnen Fällen zur Anlage von Seitenbassins sich entschlossen, und wo dieses geschehn ist, meist nur auf zwei derselben sich beschränkt hat.

Zuweilen hat man zwei gewöhnliche Schleusen unmittelbar neben einander erbaut, und indem die Kammern durch einen verschliefsbaren Canal verbunden waren, jede dieser Kammern als Seitenbassin der andern benutzt. Dieses System ist in dem Regents-Canal in England zur Ausführung gebracht und soll auch in Rufsland Anwendung gefunden haben. Der Nutzen desselben in Bezug auf die Verminderung des Wasserbedarfs ist nicht zu verkennen, und derselbe stellt sich sogar in Betreff des Zeitgewinnes noch günstiger dar, als wenn das Wasser zunächst in ein Bassin seitwärts geführt und später wieder in die Kammer geleitet würde. Wenn zwei Schiffe sich an der Schleuse begegnen, indem eines herab-, das andre heraufgeht, und zum Einlassen derselben in die Schleuse eine Kammer gefüllt und die zweite entleert werden mufs, so wird, nachdem die sämmtlichen Thore geschlossen sind, die Verbindung beider Kammern eröffnet, und in beiden stellt sich ein Wasserstand dar, der bei vorausgesetzter gleicher Gröfse beider Kammern in die Mitte zwischen Ober- und Unterwasser fällt. Auf diese Weise füllt sich die zweite Kammer schon bis zur halben Höhe, und zu ihrer vollständigen Anfüllung braucht man aus dem Oberwasser nur halb soviel Wasser zu entnehmen, als bei einer

gewöhnlichen Schleuse erforderlich wäre. Denselben Vortheil erreicht man aber auch noch, wenn ein Schiff herabgegangen ist, und später ein andres herabgeht, oder wenn umgekehrt die heraufgehenden Schiffe einander folgen. Im letzten Falle würde man nämlich, nachdem ein Schiff sich bereits im Oberwasser befindet, die Hälfte des Inhalts der ersten Kammer in die zweite gieſsen, nachdem diese das zweite Schiff schon aufgenommen hat. Zur vollständigen Füllung derselben würde also wieder nur die halbe Füllmasse erforderlich sein.

Eine eigenthümliche Einrichtung zur Ermäſsigung des Wasserbedarfs beim Durchschleusen von Schiffen ist noch von dem Niederländischen General-Inspector des Wasserstaats Goudriaan angegeben, und im Jahr 1816 bei mehreren Schleusen des Schmilder-Canals in der Provinz Drenthe zur Ausführung gebracht. Seitenbassins kommen dabei nicht vor, vielmehr wird die lebendige Kraft des beim Füllen und Leeren der Kammer durch die Umläufe strömenden Wassers zum Betriebe eines Schöpfwerkes verwendet, wodurch einiges Wasser aus dem Untercanal in den Obercanal gehoben werden soll. Die Schöpfmaschine muſs aber schnell in Wirksamkeit kommen, und selbst bei abnehmender Geschwindigkeit noch einigen Effect haben. Das Wurfrad, das man hierzu gewählt hatte, entsprach keineswegs diesen Bedingungen. Der Versuch ist daher miſsglückt, was sowohl L. Baud*) als Storm Buysing**) anerkennen, wenngleich Beide Goudriaan's Erfindung, die sie nur kurz andeuten, „sehr vernünftig“ nennen. Beide sagen überdieſs, wiewohl sie keineswegs gleichzeitig geschrieben haben, daſs die Maschinen „seit einiger Zeit“ nicht mehr gebraucht werden. Ich muſs dazu bemerken, daſs schon im Jahre 1823, als ich dort war, der Schleusenwärter derjenigen Schleuse, die das stärkste Gefälle hat, mir erzählte, er sei bereits seit fünf Jahren angewiesen, die Maschine ohne besondern Befehl nicht in Thätigkeit zu setzen, und solcher Befehl sei ihm seitdem nicht zugegangen.

Fig. 356 zeigt die Anordnung einer dieser Schleusen, deren Gefälle etwa 7 Fuſs beträgt. Zwei Canäle, ein weiterer und ein engerer, ziehn sich neben der Schleusenkammer vom Oberwasser

*) *Cursus over de Waterbouwkunde.* 1838. *II.* pag. 284.

**) *Handleiding tot de Kennis der Waterbouwkunde.* 1845. *II.* pag. 153.

nach dem Unterwasser hin. Der erste, der zugleich die Stelle der gewöhnlichen Umläufe versieht, liegt zunächst der Schleuse, und in ihm fliefst das Betriebswasser der Maschine. Er dient, sobald die Schütze passend geöffnet und geschlossen werden, sowohl zum Füllen, als zum Leeren der Kammer. In dem andern, mit zwei scharfen Krümmungen versehenen Canal sollte das Wasser in Folge der Wirksamkeit der Maschine aus dem Untercanal in den Obercanal zurückfliefsen. Die Maschine besteht aus zwei Rädern an einer gemeinschaftlichen Welle. Sie haben etwa 16 Fufs Durchmesser, und unterscheiden sich vorzugsweise dadurch von einander, dafs das eine, nämlich das Betriebsrad, 4 Fufs breit ist, während die Breite des andern, das als Wurfrad dienen soll, nur 2 Fufs beträgt. Indem beide Räder sich in gleicher Richtung drehn, kann das letzte das Wasser nur in der Richtung des Unterwassers heben. Damit dieses aber dennoch dem Oberwasser zufliefst und vom Unterwasser gespeist wird, mufsten beide Theile dieses Canals noch zurückgeführt werden, woher derselbe die eigenthümlichen Krümmungen erhalten hat, welche die Figur zeigt.

Unmittelbar oberhalb jedes Rades ist ein Schütz angebracht, nämlich vor dem Mühlenrade das Schütz *C*, und vor dem Wurfrade das Schütz *E*. Aufserdem befindet sich ohnfern der obern Mündung jedes Canals ein Schütz, und die beiden untern Mündungen des breiten Canals sind gleichfalls mit Schützen versehn. Während des Gebrauchs der Maschine sind die Schütze des engern Canals geöffnet, sowie auch im breitern das Schütz *C*. Die beiden mit *A* oder die beiden mit *B* bezeichneten Schütze sind aber immer zugleich entweder geöffnet oder geschlossen. Beim Füllen der Schleuse werden die Schütze *A* und A′ geöffnet, während *B* und *B′* geschlossen sind. Das Wasser strömt alsdann aus dem Oberwasser in die Schleusenkammer, und treibt das Mühlrad. Letzteres setzt unmittelbar das Wurfrad in Bewegung, welches das Wasser im engern Canal nach dem Oberwasser treiben soll. Beim Entleeren der Schleuse werden die Schütze *A* und *A′* geschlossen, und dagegen *B* und *B′* geöffnet. Alsdann treibt wieder das aus der Schleusenkammer abfliefsende Wasser in gleicher Richtung das Mühlrad und das Wurfrad.

Die ganze Dauer des jedesmaligen Betriebes beschränkt sich auf wenige Minuten. Indem die beiden Räder aber nicht momentan

in Bewegung versetzt werden können, so verstreicht ein Theil der Betriebszeit, ehe die Räder die nöthige Geschwindigkeit angenommen haben, und bald darauf hat die Niveau-Differenz zwischen dem jedesmaligen Ober- und Unterwasser des Mühlrades schon so sehr abgenommen, dafs das Wurfrad nicht mehr die nöthige Kraft hat, um das Wasser bis zur Höhe des ganzen Schleusengefälles heraufzuwerfen. Der Schleusenwärter erzählte, die Maschine hätte in dem engern Canal gar keine Strömung nach dem Oberwasser hervorgebracht, wohl aber sei im Anfange und am Ende des jedesmaligen Betriebes auch durch diesen Canal das Wasser stark nach dem Unterwasser geflossen.

§ 76.

Senkrechtes Heben der Schiffe.

In den vorstehend beschriebenen Schleusen werden die Schiffe zwar auch gehoben und gesenkt. Dieses geschieht aber, indem man durch Zuführen oder Ableiten des Wassers in die Kammer, oder aus derselben, den Wasserstand in dieser verändert. Dagegen hat man auch versucht, die Schiffe entweder zugleich mit einer beweglichen Kammer, in der sie dauernd schwimmen, oder ohne solche, durch gewisse mechanische Vorrichtungen in ein andres Niveau zu versetzen, so dafs sie aus einer tiefer belegenen Canalstrecke in eine höhere, oder umgekehrt übergeführt werden. Hiervon soll gegenwärtig die Rede sein.

Wie bekannt, taucht ein schwimmender Körper so tief ein, dafs das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit seinem eigenen gleich ist. Wenn daher ein Schiff in eine Schleusenkammer hineingezogen wird, so fliefst aus dieser eine Wassermasse heraus, die eben so schwer ist, als das Schiff, und tritt in diejenige Canalstrecke, aus welcher das Schiff kommt, und füllt genau denjenigen Raum, den dieses früher einnahm. Beim Ausfahren des Schiffes aus der Schleusenkammer findet wieder dasselbe statt, nur mit dem Unterschiede, dafs das Wasser aus der Canalstrecke, in welche das Schiff gezogen wird, in die Schleusenkammer fliefst. Hieraus ergiebt sich, dafs das Gewicht der gefüllten Schleusenkammer genau

dasselbe bleibt, mag ein Schiff sich darin befinden, oder nicht. Hat man demnach eine bewegliche Schleusenkammer, die durch irgend welche mechanische Vorrichtungen so gehoben und gesenkt werden kann, dafs der Spiegel des darin befindlichen Wassers abwechselnd an das Ober- und Unterwasser sich anschliefst, so ändert das Gewicht dieser Kammer sich nicht, wenn ein beladenes oder leeres Schiff von der einen oder der andern Seite hineingebracht oder herausgezogen wird. Ein constantes Gegengewicht hält also einer solchen beweglichen Schleusenkammer das Gleichgewicht, und zu ihrer jedesmaligen Bewegung, d. h. zum Heben oder Senken braucht man nicht mehr Kraft, als zur Ueberwindung der Reibung und des Trägheits-Momentes erforderlich ist.

Es liegt demnach die Idee sehr nahe, die Schleusenkammer als einen besondern Kasten mit verschliefsbaren Zugängen an beiden Seiten darzustellen, und so aufzuhängen, dafs er durch Gegengewichte in beliebiger Höhe schwebend erhalten werden kann. Die Schwierigkeiten der Ausführung sind dabei freilich sehr bedeutend, und man hat demnach die wenigen Anlagen dieser Art nur auf kleine Canal-Schleusen beschränkt. Bei dieser Einrichtung tritt gemeinhin der günstige Umstand ein, dafs nicht nur der Wasserverlust beim Gebrauch dieser Schleusen ganz aufhört, selbst in dem Fall, wenn man die Betriebskraft durch ein geringes Uebergewicht der jedesmaligen Füllung aus dem Oberwasser darstellt, sondern dafs sogar etwas Wasser gehoben, oder das Oberwasser aus dem Unterwasser gespeist wird. Wenn nämlich der ganze Güterverkehr, wie gewöhnlich, abwärts gerichtet ist, also die Schiffe in der Schleuse beladen herabsteigen, und leer zurückgehn, so ist die Wassermenge in der aufsteigenden Schleusenkammer jedesmal um das Gewicht der Schiffsladung gröfser, als in der herabsinkenden, und dieser Ueberschufs wird durch die aufsteigende Kammer dem Oberwasser aus dem Unterwasser zugeführt.

Im Jahr 1792 wurde in England an einen gewissen Robert ein Patent auf Schleusen-Anlagen ertheilt, wobei die Kammer in einem von allen Seiten und auch von oben, wasserdicht verschlossenen Cylinder bestand, der in einen Brunnen versenkt wurde. Das Wasser im letztern sollte aber sich noch bedeutend über den Wasserstand der anschliefsenden obern Canalstrecke er-

heben, und der Cylinder mufste durch das in ihm befindliche Wasser mit Einschlufs des eingefahrnen Schiffes, so wie auch durch sonstigen Ballast so beschwert sein, dafs er genau soviel wog, wie das Wasser, welches er verdrängte. Er befand sich daher, so lange er vollständig eintauchte, bei jeder Tiefe im Gleichgewicht, und eine geringe Kraft genügte, um ihn zu heben oder zu senken. Dieses sollte durch eine Druckpumpe geschehn, mittelst deren die auf dem Schiff befindlichen Leute eine Quantität Wasser aus dem Brunnen dem Cylinder zuführten, oder aus diesem in jenen übertreten liefsen. Wenn in dieser Weise die passende Höhe erreicht war, mufste der Cylinder wasserdicht an die Brunnenwand angeschlossen werden, um das Abfliefsen des Wassers aus dem Brunnen zu verhindern, und nunmehr konnte man das grofse Schütz ziehn unter welchem das Schiff aus dem Cylinder in die anschliefsende Canalstrecke oder aus dieser in jenen trat.

Wie abenteuerlich diese Erfindung auch war, so wurde sie wirklich ausgeführt. Der Ingenieur William Smith erbaute in den Jahren 1796 und 1797 auf einer Abzweigung des Sommerset-Canals bei Dunkerton ohnfern Bath eine solche Schleuse von 44 Fufs Gefälle, die für Schiffe von 70 Fufs Länge und 7 Fufs Breite bestimmt war. Im Frühjahr 1798 sollen auch, ehe der anschliefsende Canal noch eröffnet wurde, versuchsweise einige Schiffe herauf- und herabgelassen sein. Bald darauf stürzten aber die Mauern des Brunnens ein, und man hat seitdem weder diese Schleuse in Stand gesetzt, noch einer andern dieselbe Einrichtung gegeben.

Im Jahr 1794, wurde gleichfalls in England auf eine ähnliche Erfindung ein Patent genommen. Die Schleusenkammer bestand dabei aber aus einem Kasten, welcher der gewöhnlichen Kammer ähnlich, mit Boden und Seitenwänden versehn und oben offen war, sie bildete jedoch nicht selbst den im Wasser versenkten und angemessen beschwerten Schwimmer, sondern stand auf diesem mittelst mehrerer Stützen von sehr geringem Querschnitt auf. Sie durfte nie das Wasser berühren und liefs sich daher wieder mit geringer Kraft heben und senken. Der Wasserstand im Schacht mufs in diesem Fall angemessen tief unter dem der untern Canalstrecke gehalten werden. Nach der Mittheilung von Chapmann soll eine Schleuse dieser Art auf dem Ellesmere-Canal

ausgeführt sein, Dutens*) suchte dieselbe aber vergeblich, und überzeugte sich, dafs keine solche in England existirte. Sehr genau dieselbe Einrichtung ist in neuster Zeit nochmals in England patentirt worden, und zwar hat Simpson die Erfindung unter dem Namen des hydro-pneumatischen Elevators in Anspruch genommen**).

Schon im vergangenen Jahrhundert wurde von James Anderson in Edinburgh eine andre Art der Darstellung des Gegengewichts für die bewegliche Schleusenkammer angegeben, die später Brownnill in Sheffield wiederholte, die aber, wie es scheint, erst viel später am Grand-Western-Canal zur Ausführung gebracht ist. Sie unterscheidet sich von den beschriebenen Einrichtungen wesentlich dadurch, dass zwei bewegliche Kammern angebracht werden, die sich gegenseitig in allen Stellungen im Gleichgewicht halten, und von denen die eine heraufsteigt, während die andre herabsinkt, ohne dafs dabei ein Eintauchen in Wasser erfolgt. Auf diese Art kann gleichzeitig ein Schiff gehoben und eins herabgelassen werden, und die Gewichte derselben sind ohne Einflufs, da jedesmal eine denselben entsprechende Wassermenge aus der Kammer entweicht. Beide anschliefsenden Canalstrecken müssen in zwei Arme gespalten werden, von denen jeder mit einer Schleusenkammer in Verbindung gesetzt wird. Diese Anordnung, die bereits ausgeführt und zweckmäfsig befunden ist, verdient eine nähere Beschreibung. Die folgenden Angaben sind aus den Mittheilungen des Iugenieur James Green***) entnommen.

Fig. 357 auf Taf. LI stellt die Einrichtung dieser Schleuse dar, nämlich *a* in der Ansicht von oben, *b* im Längendurchschnitt und zwar nach zwei verschiedenen Vertikal-Ebnen, so dafs man die beiden beweglichen Schleusenkammern darin sieht, und *c* die Ansicht des ganzen Baues von der Seite des Unter-Canals.

Der Grand-Western-Canal, bei dessen Anlage im Jahre 1796 bereits auf die Erbauung von geneigten Ebnen und andern Mitteln zur Ueberwindung der starken Gefälle Rücksicht genommen war, verbindet zwar die Themse mit der Severn, wird aber wegen seiner

*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre.* Paris 1819. pag. 37.

**) *The Engineer and Machinist.* November 1850. pag. 259.

***) *Transactions of the Institution of Civil Engineers II.* pag. 185.

ungünstigen Lage nur zum Zwischenverkehr benutzt, und vorzugsweise werden darauf die aus nahe gelegenen Bergwerken kommenden Kohlen so wie auch Kalk transportirt. Sehr kleine Schiffe, die nur 26 Fuſs lang und 6½ Fuſs breit sind und 2 Fuſs 3 Zoll eintauchen, wenn sie beladen sind, befahren ihn. Die Ladung derselben beträgt 8 Tons oder 160 Centner. Die Transportkosten wurden aber sehr vertheuert, indem der Zug häufig durch Schleusen unterbrochen war, wobei jedesmal die Schiffe von einander getrennt und einzeln durchgebracht werden muſsten, und das Pferd nebst dem Treiber zu warten gezwungen waren, bis das letzte Schiff des Zuges hindurchgegangen war. Dieser Umstand gab Veranlassung, eine andre Einrichtung zu wählen, wobei das ganze Gefälle von 46 Fuſs Engl. oder 44 Fuſs 8 Zoll Rheinländisch auf eine einzige Schleuse concentrirt wurde, und alle übrigen fortfielen. Auſserdem hatte es diesem Canal, so lange die gewöhnlichen Schleusen darauf benutzt wurden, auch an Wasser gefehlt. Dieses war ein zweiter ebenso wichtiger Grund zu seiner Veränderung.

Die beiden Arme des Ober-Canals, sowie die des Unter-Canals endigen vor starken Stirnmauern, welche unter sich durch zwei Seitenmauern und einen Mittelpfeiler verbunden sind, und ein kräftiges Wehr bilden. Der Mittelpfeiler, der sich sowohl auf- als abwärts fortsetzt, trennt die beiden Canalarme auf jeder Seite auſserhalb der Schleuse, und in derselben die beiden senkrechten Schachte, in denen die beweglichen Kammern auf- und abgehn. Letztere finden in diesen Schachten hinreichenden Spielraum, um sich frei bewegen zu können, auch muſs der Wasserstand in diesen so tief gehalten werden, daſs die Kammern dasselbe mit dem Boden nicht berühren, wenn sie auch mit dem Unter-Canal in Verbindung gesetzt werden.

Jede Kammer ist so groſs, daſs eins der beschriebenen Schiffe hineinfahren kann, und den nöthigen Spielraum von einigen Zollen findet, Sie besteht aus hölzernem Boden und hölzernen Wänden in den langen Seiten. Die Verbindung zwischen diesen ist durch eiserne Kniee im Innern dargestellt, während auf der äussern Seite denselben gegenüber, starke Schienen angebracht und mittelst durchgehender Bolzen mit den Knien verbunden sind. Die Fugen zwischen den Bohlen, die sämmtlich nach der Länge der Schleuse laufen, sind in gleicher Art, wie bei Schiffen durch eingetriebenes

Werg und Pech gedichtet. Die beiden kürzern Seitenwände jeder Kammer werden durch gufseiserne Rahmen gebildet, die mit den Enden der Bohlen fest verbolzt, vorzugsweise die Stellung der Seitenwände gegen den Boden sichern. In diese Rahmen sind Nuthen eingehobelt, und hierin bewegen sich die gufseisernen Schütze welche die Kammern an beiden Enden abschliefsen. Vor jeder der vier Canal-Mündungen ist ein gleicher Rahmen mit einem gleichen Schütz angebracht, und sobald die Verbindung zwischen einer Schleusenkammer und einem dieser Canäle dargestellt werden soll, so lehnt man die Rahmen aneinander und indem ein Flechtwerk von getheerten Tauen sich dazwischen befindet, so läfst sich leicht ein ziemlich wasserdichter Schluſs darstellen. Wenn alsdann die beiden Schütze gezogen werden, die sich schon beinahe berühren, so stellt sich die freie Verbindung zwischen der Schleusenkammer und dem Canale dar.

Von den oben erwähnten Eisenschienen, welche die Kammer an der äufsern Seite umfassen, setzen sich drei Paare bis über die Wände fort, und greifen im Abstande von etwa 3 Fufs in die Enden von drei gufseisernen Querbalken, woran die ganze Kammer hängt. Durch die Mitte eines jeden derselben ist, wie Fig. 357 *c* zeigt, eine starke Stange gezogen, die mit einem Schraubengewinde auf metallner Mutter den Balken trägt. Mittelst dieser Muttern kann man die drei Balken gleichmäfsig belasten, und die ganze Kammer in die angemessene Höhe bringen. Die Tragstangen unterstützen aufserdem noch durch je zwei Seitenketten die Enden der Balken, um das Durchbiegen oder Brechen derselben zu verhindern. Auch diese Ketten können durch Schrauben nach Bedürfniſs gespannt werden.

Die Tragstangen stehn in unmittelbarer Verbindung mit den Hauptketten, welche über drei grofse Räder gezogen sind, und beide Kammern tragen. Die Ketten sind aus platten Gliedern vom vorzüglichsten Eisen zusammengesetzt, die durch kurze doppelte Zwischenglieder, wie in Uhrketten, mit einander verbunden sind. Diese Verbindung ist durch stählerne Bolzen dargestellt. Die erwähnten drei grofsen Räder aus Gufseisen sind in den Rillen, worin die Ketten laufen, mit flachen Zähnen versehn, die regelmäfsig zwischen die Verbindungs-Glieder der Kette eingreifen, und dadurch das Gleiten der letztern verhindern. Die Räder halten 16 Fufs

im Durchmesser, und das mittlere ist neben der Rille noch mit einem gezahnten Kranz versehn, in welchen an jeder Seite ein Getriebe eingreift, das theils mit zwei Bremsen, theils aber auch durch Räderwerk mit zwei Kurbeln in Verbindung steht, um, wenn es nöthig sein sollte, die Kammern auch ohne Gegengewicht bewegen zu können.

Auf den Seitenmauern, so wie auch auf den Mittelpfeilern stehn gufseiserne hohle Säulen von 9 Fufs Höhe und 1 Fufs Durchmesser. Sie tragen einen gufseisernen Rahmen, auf welchem die zweimal gekuppelte schmiedeeiserne Achse der drei Räder aufliegt. Letztere ist 10 Zoll stark und im Ganzen 22 Fufs lang. In Betreff des Mauerwerks ist noch zu erwähnen, dafs der Mittelpfeiler mit überwölbten Galerien und Treppen versehn ist, so dafs man darin zu den Schleusenkammern hinabsteigen kann, wenn sie sich in der Höhe des Unter-Canals befinden. Aufserdem ist der Mittelpfeiler auch nach der Quere durch sechs grofse überwölbte Oeffnungen unterbrochen, um theils die Mauermasse etwas zu verringern, theils aber auch um die Räume zu erleuchten.

Es ist schon erwähnt worden, dafs die eisernen Rahmen an den kurzen Seiten der Schleusenkammern sich an diejenigen, welche an den Enden der Canäle angebracht sind, scharf anschliefsen, sobald sie dagegen gepreſst werden. Die Vorrichtungen zur Darstellung dieses Drucks, sind für die Ober-Canäle nicht dieselben, wie für die Unter-Canäle. Bei jenen sind jedesmal durch den Rahmen, der einen Canal begrenzt, zwei starke eiserne Stangen gezogen, die sich horizontal zu beiden Seiten des Schachtes bis an dessen hinteres Ende fortsetzen. Hier sind sie mit Schraubengewinden versehn, welche durch einen starken gufseisernen Arm greifen, und indem die Schraubenmuttern hinter demselben durch eine Winde in Bewegung gesetzt werden, so lehnt dieser Arm sich an den hintern Rahmen der Kammer und preſst die ganze Kammer gegen den Ober-Canal, so dafs sie sich scharf an diesen anschliefst.

Neben der Sohle jedes Schachtes sind dagegen zu demselben Zweck zwei aufwärts gerichtete gufseiserne Keile angebracht, gegen welche die herabsinkende Schleusenkammer mit dem hintern Rahmen sich lehnt, und dadurch von selbst an den Rahmen vor dem Canal mit hinreichendem Druck gespreſst wird.

Eine wesentliche Störung des Gleichgewichts würde durch die stets wechselnde Vertheilung des Gewichts der Tragketten entstehn, woran die Schleusenkammern hängen. Sobald die Bewegung nämlich beginnt, befindet sich der gröfste Theil dieser Tragketten auf der Seite derjenigen Kammer, welche gehoben werden soll, und es wäre daher ein bedeutender Ueberschufs an Kraft erforderlich, um die Bewegung eintreten zu lassen. Sobald letztere aber begonnen hat, würde sich sogleich das Uebergewicht der ansteigenden Kammer vermindern, in der Mitte des Weges ganz aufhören, und weiterhin auf der entgegengesetzten Seite, nämlich auf der Seite der herabsinkenden Kammer, eintreten. Diese Uebelstände sind dadurch vermieden, dafs an den Boden jeder Schleusenkammer noch drei Hinterketten gehängt sind, welche dem Gewichte nach mit den Trageketten übereinstimmen. Bei jeder Stellung der Kammern sind diese Ketten in Verbindung mit den Trageketten im Gleichgewicht.

Um die Bewegung der Kammern eintreten zu lassen, wird nicht sowohl das Räderwerk mittelst der beiden Kurbeln in Betrieb gesetzt, als man vielmehr jedesmal in derjenigen Kammer, die mit dem Oberwasser verbunden wird, durch geringe Ueberhöhung des Wasserstandes einiges Uebergewicht darstellt, so dafs sie von selbst herabsinkt, und man die Bewegung beider Kammern allein durch die Bremse reguliren kann. Man hat gefunden, dafs ein Uebergewicht von 1 Ton zu diesem Zweck schon genügt. Indem aber jede Kammer im Innern 29 Fufs lang und 7 Fufs breit ist, so stellt dieses Uebergewicht sich schon dar, wenn der Wasserstand um etwa 2 Zoll vermehrt wird. Man regulirt demnach die Tragestangen so, dafs während das Niveau der einen Kammer sich an das des Unter-Canals anschliefst, das Niveau der andern 2 Zoll unter dem des Ober-Canals steht. Wenn in dieser Lage die Verbindung mit dem Ober-Canal dargestellt wird, so fliefst aus demselben soviel Wasser hinzu, dafs das Uebergewicht von selbst eintritt.

Aufser dieser Wassermenge mufs man auch noch auf einigen Verlust wegen Undichtigkeit der Fugen und wegen jedesmaliger Füllung des Raums zwischen den beiden Schützen rechnen. Green schätzt denselben wieder zu 1 Ton für jede Schleusung. Alsdann

würde der ganze Bedarf, der jedesmal aus dem Oberwasser entnommen wird, 2 Tons betragen. Indem jedoch auf diesem Canal alle beladenen Schiffe herabgehn, und nur leere heraufkommen, so bringt jede aufsteigende Schleusenkammer dem Ober-Canal 8 Tons Wasser mehr zu, als sie beim Herabgehn wieder zurücknimmt. Das Oberwasser wird demnach mit Rücksicht auf jene Verluste dennoch bei jeder Schleusung mit 6 Tons oder mit 180 Kubikfufs Wasser gespeist.

Noch verdient die Geschwindigkeit Erwähnung, womit die Schiffe durch diese Schleuse hindurchgeführt werden. Die Kammern nehmen, nachdem die obere gelöst ist, von selbst eine schnelle Bewegung an, die man mittelst der Bremse mäfsigen mufs. Die untere Kammer schliefst sich schon in Folge des Drucks, den jene Keile auf sie ausüben, an den Unter-Canal an, die obere mufs man dagegen mittelst der erwähnten Schrauben herandrücken. Einige Umdrehungen der Kurbel sind indessen hierzu genügend. Die Schütze der Kammer und des anstofsenden Canals werden durch besondere Windevorrichtungen gleichzeitig gefafst, und indem entsprechende Gegengewichte angebracht sind, hebt man beide sehr schnell so hoch, dafs die Schiffe darunter fortfahren können. Die ganze Dauer einer Schleusung mit allen dabei vorkommenden Verrichtungen beschränkt sich auf 3 Minuten. In dieser Zeit wird also ein Schiff 46 Fufs hoch gehoben und ein andres eben so tief gesenkt, es ist indessen keineswegs erforderlich, dafs jedesmal zwei Schiffe sich hier begegnen vielmehr stellt die nur mit Wasser gefüllte Schleusenkammer schon das nöthige Gegengewicht dar.

Nach dieser Mittheilung scheint die Einrichtung ihrem Zweck vollständig zu entsprechen, und sogar überraschende Resultate ergeben zu haben, doch ist nach den vorangehenden Aeufserungen von Green zu vermuthen, dafs gröfsere Vorsicht, als beim Gebrauch gewöhnlicher Schleusen, hier erforderlich ist, um den Betrieb zu sichern und leicht mögliche Unfälle zu vermeiden.

Man nennt in England die bisher beschriebenen Einrichtungen, wobei die Schleusenkammern lothrecht gehoben und gesenkt werden, *Perpendicular Lift* oder lothrechten Hub, doch begreift dieser Name auch diejenigen Anstalten, wodurch nicht die ganze Schleusenkammer mit dem Schiffe, sondern das Schiff allein, auch wohl nur

die Ladung desselben aus dem in der einen Canalstrecke liegenden Schiffe in dasjenige senkrecht heraufgewunden oder herabgelassen wird, welches sich in der andern Strecke befindet.

Augenscheinlich sind die Gewichte der Schiffe, und vollends die der Ladungen allein, viel geringer, als wenn man daneben noch die Schleusenkammern mit dem darin befindlichen Wasser heben und senken müfste. In dieser Beziehung dürfen also die nöthigen Vorrichtungen weniger kräftig sein. Dabei verschwindet freilich das erwähnte Gleichgewicht der auf- und absteigenden Lasten, doch ist dieser Umstand nicht von Bedeutung, in so fern auf kleinern Canälen, um welche es sich hier allein handelt, die Schiffe nur in den Thalfahrten beladen sind, während sie leer heraufgehn. Das beladene Schiff kann also schon das leere heben.

Das Bedenken in Betreff der Formveränderung des Schiffs während es beladen aus dem Wasser gehoben wird, ist gleichfalls von wenig Bedeutung, da diese Fahrzeuge wegen ihrer mäfsigen Gröfse leicht hinreichend fest construirt werden können, sie auch immer mit flachem Boden versehn sind, der auf der passend gestalteten Tafel sicher aufsteht, wenn nicht das Schiff so gebaut ist, dafs es ohne Nachtheil in Ketten gehängt werden kann.

Die verschiedenen Vorrichtungen, die zum unmittelbaren Heben der Schiffe dienen, sind zwar nicht mehr Schiffsschleusen, und gehören also eigentlich nicht in diesen Abschnitt, da ihr Zweck jedoch mit dem der letztern übereinstimmt und sie so wichtig sind, dafs sie nicht übergangen werden dürfen, so schien es am passendsten, sie hier zu behandeln.

Zunächst mufs von solchen Anlagen die Rede sein, wodurch nicht die Schiffe selbst, sondern deren Ladungen aus einer Canalstrecke in die andre übergeschafft werden. Nicht selten ist solches Umladen schon geboten, sobald eine Schleuse umgebaut oder wesentlich ausgebessert wird, so dafs sie während längerer Zeit nicht passirt werden kann. Man bemüht sich alsdann durch Krahne und durch Einrichtung bequemer Wege das Umladen möglichst zu erleichtern, doch tritt dabei jedesmal eine wesentliche Störung des Verkehrs ein, woher man meist die neue Schleuse zur Seite der alten erbaut, so dafs diese noch so lange benutzt werden kann, bis jene eröffnet wird.

Zuweilen erfolgt das Umladen auch fortwährend. So fehlte es zum Beispiel dem seit einer Reihe von Jahren bereits eingegangenen Max-Clemens Canal bei Münster an den nöthigen Zuflüssen, um die sehr grofse sogenannte steinerne Schleuse (§. 63) in Betrieb setzen zu können. Dieselbe wurde daher, wahrscheinlich unmittelbar nach ihrer Ausführung, im Oberhaupte durch einen Fangedamm geschlossen, und ein hier aufgestellter Krahn diente zum Ueberladen der Güter aus dem in der untern Strecke liegenden Schiff in das auf dem Oberwasser schwimmende, oder umgekehrt.

R. Fulton wollte gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts diese Aufgabe dadurch lösen, dafs durch eine Winde-Vorrichtung die in einem Kasten befindlich Ladung des Schiffs nur senkrecht gehoben und herabgelassen würde. Wenn aber auch der obere Canal bis über den untern geführt wurde, also ein Schiff lothrecht über dem andern stand, so hinderte der äufsere Theil des ersten dennoch die Verbindung der Winde mit dem zweiten. Eine horizontale Bewegung war daher noch nothwendig. Diese wollte Fulton einer Schleuse geben, die sich an den Ober-Canal anschlofs, und die auf einer weitspurigen Eisenbahn zur Seite geschoben werden konnte. Augenscheinlich wäre es einfacher gewesen, der Ladung allein, als der mit Wasser gefüllten Schleuse diese Bewegung zu ertheilen.

Das lothrechte Anheben und Niederlassen der Schiffe, verbunden mit der erforderlichen Seitenbewegung, ist wohl nur sehr selten gewählt worden, doch hatte man es in der Gegend von Freiberg in Anwendung gebracht, woselbst vor fünfzig Jahren die mit gepochten Erzen beladenen kleinen Fahrzeuge in dieser Weise die Amalgamirwerke erreichten. Ein Canal von etwa 13 Fufs Breite zog sich im Thal der Mulde hin, und an ihn schlofs sich die 35 Fufs höher belegene Canalstrecke auf dem Hochufer an. Der Ober-Canal war bis über den untern zwischen Mauern herübergeführt und am Ende durch einen wasserdichten Fangedamm abgeschlossen. Diese Mauern setzten sich in gleicher Höhe noch soweit über den Unter-Canal fort, dafs die zu hebenden Böte auch hier zwischen ihnen sich befanden. Auf den Mauern ruhte eine leichte Bedachung, sowie auch eine Holzbahn, die nach älterer Art mit hölzernen Zähnen versehn war, indem man die Reibung glatter Räder zur sichern Bewegung der Wagen nicht für genügend er-

achtete. Auf der Bahn stand der Wagen mit der Winde. Ein Getriebe, das durch eine Kurbel von zwei oder vier Mann in Bewegung gesetzt wurde, griff in die Zahnräder zweier Trommeln von gleichem Durchmesser, die also übereinstimmend sich drehten. Die herabhängenden Taue waren durch Flaschenzüge von je vier Scheiben geschoren, und von den untern Blöcken gingen je zwei Ketten aus, die man in vier am Bord jedes Schiffes befindliche Ringe einhakte. Mittelst dieser Vorrichtungen wurde das Fahrzeug so hoch gehoben, dafs es über den Fangedamm fortgeschoben werden konnte. Alsdann stellte man die Winde fest und setzte durch eine zweite Kurbel mittelst eines Vorgeleges eine Achse des Wagens, woran sich die mit Zähnen versehenen Räder befanden, in Bewegung, bis er über dem Unter-Canal stand, und nun wurde mittelst Bremsen das Fahrzeug herabgelassen. Die Ladung hatte jedesmal nur das Gewicht von 20 Centner.

Ohne Zweifel sind Vorrichtungen dieser Art nur bei sehr kleinen Fahrzeugen anwendbar, gröfsere müfsten ähnlich, wie in solchen Schiffsschleusen, worin sie gewogen werden (§. 73), auf grofse Tafeln, die ihren ganzen Boden umfassen, gestellt werden, Es ist indessen nicht bekannt, dafs man hiervon irgend wo Gebrauch gemacht hätte.

§. 77.

Geneigte Ebnen.

Wenn es darauf ankommt, ein Schiff bedeutend zu heben, oder es tief herabzulassen, so hat das Ansteigen auf geneigten Ebnen vor der senkrechten Bewegung den grofsen Vorzug, dafs man das Schiff nicht aufzuhängen braucht, es vielmehr auf einen Wagen gestellt werden kann, der auf einer angemessenen Anzahl von Rädern ruht. Auf diese Weise lafsen sich auch gröfsere Schiffe sicher aus einem Niveau in das andre versetzen, und bei der vollkommneren Darstellung der Schienen und Räder haben Anlagen solcher Art in neuerer Zeit vielfach Eingang gefunden, und sich vollständig bewährt, namentlich bei grofsen Niveau-Differenzen.

Dieser Vorzug der geneigten Ebnen vor gewöhnlichen Schiffsschleusen beruht zunächst in dem geringeren Wasserver-

brauch. Selbst wenn am obern Ende eine Schleuse angebracht wird, so erfordert die Füllung derselben weniger Wasser, als wenn alle Schleusen, die zur Darstellung derselben Nivean-Differenz erforderlich wären, gefüllt werden müfsten, wie dieses später (§. 81) nachgewiesen werden wird. Jenes Wasser braucht aber nicht bis zum Unter-Canal abzufliefsen, man kann es vielmehr in geringer Tiefe wieder auffangen und wenn eine Dampfmaschine zum Betriebe der Ebne benutzt wird, es in den Zwischenzeiten wieder in das Oberwasser zurückführen. Wenn aber auch, wie gewöhnlich geschieht, die Schiffe durch Wasserkraft gehoben werden, und das Betriebswasser aus dem Ober-Canal entnommen wird, so ist in den meisten Fällen der Bedarf nicht bedeutend, insofern die beladenen Schiffe herab- und nur leere heraufgehn, also jene schon das nöthige Uebergewicht darstellen und die Maschine nur im Anfange und am Ende der Bewegung die volle Kraft zu entwickeln braucht.

Sodann sind auch die Anlage-Kosten geringer, und zwar bleiben sie vergleichungsweise um so mäfsiger, je gröfser die zu überwindende Niveau-Differenz ist, je mehr Schleusen also dabei erspart werden. Die Terrain-Verhältnisse müssen freilich die Concentrirung des Gefälles an einer Stelle gestatten, und es ist von der Anlage der geneigten Ebnen abzusehn, wenn in der Nähe der Canal-Linie der Boden sehr sanft und gleichmäfsig abfällt, da gar zu lange Einschnitte oder hoch liegende Canalstrecken die Anlage- und selbst die Unterhaltungs-Kosten sehr erhöhen würden. Hierbei mufs auch auf die Ersparung in Bezug auf das Schleusenwärter-Personal hingewiesen werden.

Einen höchst wichtigen Vortheil bieten endlich die geneigten Ebnen noch in Bezug auf die Beschleunigung der Fahrten. Ungefähr in derselben Zeit, in welcher ein Schiff durch eine gewöhnliche Schiffsschleuse geht, kann ein solches hier gegen 100 Fufs gehoben werden, während meist gleichzeitig ein andres auch aus dem Oberwasser in das Unterwasser herabgelassen wird.

Dieser letzte Umstand, verbunden mit dem zuerst erwähnten geringern Wasserverbrauch, der bei Benutzung der Dampfkraft sich auf ein Minimum reducirt, hat in neuerer Zeit vielfach auf die geneigten Ebenen bei Canälen die Aufmerksamkeit gelenkt.

Die ältesten und einfachsten geneigten Ebnen sind die sogenannten Rollbrücken (Overtoom) die man in den Niederlanden

nicht selten sieht. In ihrer Anordnung sind sie kleinen hölzernen Wehren sehr ähnlich. Ihre Ober- und Hinterböden steigen flach an und setzen sich bis unter das Wasser der anschliefsenden Canäle fort. Ihre Rücken erheben sich nur wenig über das Niveau der Ober-Canäle. Die darüber gehenden kleinen Kähne werden oft nur aus freier Hand herübergeschoben, und da die Böden hierdurch bald sehr glatt werden, so ist dieses meist nicht besonders schwierig.

Vielfach befindet sich in angemefsner Höhe über dem Scheitel des Wehrs eine hölzerne Welle, woran ein Tau befestigt ist, welches um das zu hebende Boot geschlungen wird. Die Welle hat an jeder Seite ein Laufrad, zuweilen auch ein Spillrad, mit deren Hülfe man den nöthigen Zug ausübt. Sobald das Boot, das gemeinhin nur mit Milch, Butter u. dgl. beladen ist, an die Rollbrücke gelangt, bringen die beiden Leute, die dasselbe führen, es in die passende Richtung und befestigen an sein hinteres Ende das um die Welle geschlungene Tau. Wenn das Boot den Scheitel erreicht hat, so kann es durch die Winde noch bis auf die abwärts geneigte Ebne gebracht werden, auf der es leicht herabgeschoben wird.

Zuweilen wird die Anlage dadurch etwas vervollkommnet, dafs man auf beiden Rampen Rollen anbringt, auf welchen die Kähne hinübergezogen werden. Fig. 358 auf Taf. LI zeigt eine Rollbrücke dieser Art. *a* im Grundrifs und *b* im Längendurchschnitt. Die Rollen sind etwa 6 Fufs lang und 8 bis 9 Zoll stark, und an den Enden mit eisernen Achsen und aufgetriebenen eisernen Ringen versehn. Die Achsen laufen in hölzernen Pfannen, aus kurzen Holzstücken bestehend, und diese sind auf die Schwellen genagelt. Der Abstand der Rollen von einander beträgt etwa 3 Fufs, und sie liegen zu jeder Seite in einer Ebne, die etwa um den fünften Theil ihrer Länge gegen den Horizont geneigt ist.

Anlagen dieser Art findet man auch mehrfach in England, doch beschränken sie sich wieder nur auf den Verkehr kleiner mit flachem Boden versehener Kähne, und gemeinhin nur auf geringe Niveau-Differenzen. In den Niederlanden dagegen sind sie nicht selten gewählt worden, um Binnendeiche, die durch keine Schleuse unterbrochen werden durften, zu überschreiten, wobei also die Kähne zu gröfserer Höhe gehoben werden müssen.

Kommt es darauf an, gröfsere Canalschiffe aus einem

Niveau in das andre zu versetzen, während das zum Durchschleusen erforderliche Wasser nicht zu beschaffen ist, oder eine gröfsere Höhe erstiegen werden mufs, so finden die geneigten Ebnen noch Anwendung, doch müssen alsdann die Fahrzeuge vollständig unterstützt und auf Wagen gestellt werden.

Die erste geneigte Ebne dieser Art in England wurde nicht auf einem für den öffentlichen Verkehr bestimmten Canal ausgeführt, sondern auf einem kleinen isolirten Canal in der Grafschaft Shropshire, der nur den Zweck hatte, die Anfuhr der Eisenerze und Kohlen aus der Gegend von Oaken-Gates nach dem Hüttenwerke bei Ketley zu erleichtern. Es handelte sich darum, einen Schiffahrtsweg darzustellen, der nur 640 Ruthen, also noch nicht ein Drittel Meile lang war, und ein Gefälle von 70 Fufs erhalten mufste. Die Erbauung gewöhnlicher Schleusen würde nicht nur die Anlage übermäfsig vertheuert, sondern auch den Uebelstand herbeigeführt haben, dafs die kleinen Schiffe einzeln von einer Schleuse zur andern hätten fahren müssen, während mehrere derselben bequem durch ein Pferd gezogen werden konnten, wenn der Weg ohne Unterbrechung zurückzulegen gewesen wäre. Dieses veranlafste William Reynolds, der dem Hüttenwerk bei Ketley vorstand, eine Canalanlage auszuführen, wobei das ganze Gefälle mittelst einer einzigen geneigten Ebne überwunden wurde. Dieselbe ist im Jahre 1788 erbaut. Sie ist aber nicht allein als die erste Anlage dieser Art von Wichtigkeit, sondern ihre ganze Anordnung ist auch so zweckmäfsig gewählt, dafs schon in dieser Beziehung eine ausführliche Beschreibung derselben sich rechtfertigen wird, wenngleich mit Rücksicht auf die Fortschritte im Maschinenbau die genaue Wiederholung der Constructionen sich nicht mehr rechtfertigen würde. Die folgende Beschreibung ist vorzugsweise einem mir vorliegenden Reisejournal aus den ersten Jahren dieses Jahrhunderts entlehnt, sie ist aber in manchen Einzelheiten vervollständigt durch die Mittheilungen, die Dutens*) über die geneigten Ebnen des Shropshire-Canals macht, die zum Theil jener bei Ketley nachgebildet sind, indem beide Canäle mit einander in Verbindung stehn.

Fig. 359*a* zeigt den Längendurchschnitt durch den obern Theil

*) *Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre.* Paris 1819.

der ersten geneigten Ebne. Die hier benutzten Schiffe sind sehr klein und von kastenförmiger Gestalt ohne Zuschärfung auf der einen oder der andern Seite. Sie werden, wie bereits erwähnt, unmittelbar eins an das andre befestigt, so dafs sie beim Befahren einer Canalstrecke ein langes Schiff bilden. Sie sind 19 Fufs lang, nahe 6 Fufs breit und 3 Fufs hoch; und werden mit 100 Centnern beladen, wobei sie etwa 2 Fufs tief gehn. Die Wagen, auf welche sie gestellt werden, sind mit vier Rädern versehn, von denen das eine Paar $2\frac{1}{2}$, das andre dagegen nur $1\frac{1}{4}$ Fufs hoch ist. Ueber dem erstern findet aufserdem noch eine Auffütterung statt, und die geneigte Ebne nimmt an beiden Enden eine flachere Neigung an, so dafs das Fahrzeug, wenn es aus dem Wasser gehoben oder wieder in dieses gestellt wird, nahe horizontal steht. An den langen Seiten der Wagen befinden sich leichte Verstrebungen aus Holz, durch eiserne Zugstangen unterstützt, die theils die Seitenwände bilden, und theils auch zur Befestigung des Seils dienen, woran die Wagen heraufgezogen und herabgelassen werden. Zu diesem Zweck sind die beiderseitigen Stiele oben durch einen Riegel verbunden, wie die vordere Ansicht des Wagens Fig. 359*b* zeigt. An diesem Riegel befinden sich aufser jenem Haken zur Befestigung des Windetaues noch zwei Ketten, und jedes Schiff ist vorn und hinten mit einem Haken versehn, in welche die Ringe an den Enden der Ketten eingreifen. Soll ein Schiff in der mit dem Obercanal verbundenen Schleuse, oder im Unterwasser auf den Wagen gebracht werden, der so tief im Wasser steht, dafs nur der obere Riegel und die Seitenstiele darüber vorragen, so zieht man das Schiff in dieses Portal hinein und befestigt die eine Kette an den vordern Haken des Schiffs, wodurch schon ein zu weites Vortreten des letztern nach vorn verhindert wird. Hierauf hängt man den Ring der zweiten Kette an den hintern Haken des Schiffs. Diese Operation und ebenso auch das Lösen der Ketten bietet keine Schwierigkeit, indem die Ketten, so lange das Schiff noch schwimmt, schlaff bleiben, und erst gespannt werden, sobald das Schiff sich auf den Wagen aufsetzt. Der Spielraum zwischen den erwähnten Verstrebungen und den Schiffswänden ist aber so geringe, dafs beim Sinken des Wassers das Schiff sich schon von selbst mit hinreichender Genauigkeit auf den Wagen aufstellt.

Die Räder sind mit doppelten Spurkränzen versehn, umfassen

also von beiden Seiten die schmalen auf Langschwellen genagelten Schienen. Querschwellen stellen in geringen Entfernungen die Verbindung der Langschwellen dar, um die parallele Lage der Schienen zu sichern. Zwei Bahnen führen in gleicher Neigung herab, indem gleichzeitig immer ein Wagen ansteigt, während ein andrer herabfährt, und beide Bahnen setzen sich so weit in die untere Canalstrecke fort, dafs die beladenen Schiffe, während sie von den Wagen noch nicht gelöst sind, schon aufschwimmen. Die Wagen sind aber durch die starken Eisenbeschläge so beschwert, dafs sie auch unter Wasser noch sicher auf den Schienen ruhn.

Die Bahnen sind mit Ausschlufs der erwähnten kurzen Endstrecken im Verhältnifs von 1 zu 2 gegen den Horizont geneigt. Sie führen aber nicht unmittelbar in den anschliefsenden Ober-Canal, sondern da sie keinen wasserfreien Scheitel haben, so wird der Uebergang durch eine Schleuse vermittelt.

Die Spurweite jedes Geleises mifst 6 Fufs, und zwischen beiden befindet sich ein 7 Fufs breiter Zwischenraum, den man zur Darstellung eines Bassins benutzt hat, in welches bei der jedesmaligen Entleerung einer Schleusenkammer deren Inhalt hineinfliefst. Dieses geschieht durch Schütze, von denen man eins bei *D* sieht. Das im erwähnten Bassin aufgefangene Wasser wird durch einen in der Fundamentmauer angebrachten Canal, den man bei *G* bemerkt, seitwärts abgeleitet, und in einem zweiten gröfsern Bassin aufgefangen. In letzteres fliefst auch das Wasser, welches aus der Kammer wegen mangelhaften Schlusses hinausquillt, indem es in einem ausgemauerten Canal am obern Ende der geneigten Ebne aufgefangen wird. Beide Leitungen haben nur schwache Gefälle und sonach beträgt die Niveau-Differenz zwischen dem letzten Bassin und dem Oberwasser des Canals nur etwa 15 Fufs, und eine kleine Dampfmaschine genügt, um dieses Wasser in den Ober-canal zurückzupumpen.

Jede Schleusenkammer ist so weit, dafs sie so eben den Wagen aufnehmen kann. Indem die Eisenbahn sich über ihren Boden fortsetzt, fährt der Wagen jedesmal sicher aus und ein, ohne die Wände zu berühren. Den Abschlufs gegen das Oberwasser bildet ein einfaches Schleusenthor, welches die geringe Oeffnung überspannt. Die Figur zeigt dasselbe geschlossen und die

Kammer entleert. Darin befindet sich ein Schütz zum Füllen der Kammer.

Ueber der geneigten Ebne wird die Kammer durch ein Schütz geschlossen, welches man geöffnet sieht. Dasselbe hängt an zwei Ketten, die zweimal um dieselbe hölzerne Welle geschlungen an den andern Enden durch ein daran gehängtes prismatisches Stück Gufseisen *C* gespannt werden, welches sonach als Gegengewicht des Schützes dient. Wenn das Schütz gehoben und das Gegengewicht herabgelassen ist, schweben beide so hoch, dafs der Wagen noch darunter fortfahren kann. Das am Wagen befestigte Windetau hindert aber nicht die Bewegung des Schützes, indem dieses nur herabgelassen wird, wenn der Wagen sich in der Kammer befindet. Das Schütz ist so abgeglichen, dafs es mit geringem Uebergewicht von selbst herabsinkt. An dem Ende der erwähnten Welle befindet sich eine Trommel *H*, um welche gleichfalls ein Seil geschlungen ist, welches sich um eine kleinere Trommel windet, deren Achse mit der Kurbel *F* und aufserdem mit einem Sperrrade versehn ist. Mittelst dieser Kurbel wird das Schütz gehoben und gesenkt.

Jedes Windetau, woran ein Wagen heraufgezogen und herabgelassen wird, schwebt über der Mitte der Bahn und der Schleuse. Wenn es weit ausgezogen ist, so hängt es bis auf die geneigte Ebne herab, und damit es auf derselben nicht schleift, so sind längs der Bahn in Entfernungen von etwa 15 Fufs Leitrollen angebracht. Dieses Tau, mittelst einer kurzen Kette an den Riegel des Portals auf dem Wagen befestigt, ist zunächst über eine grofse Scheibe *L* gezogen, die keinen weitern Zweck hat, als den Wagen in die Schleuse hineinzuziehn, indem die bequeme Behandlung der ganzen Maschine ein so weites Zurückstellen der Haupttrommel nicht gestattete. Diese letzte Trommel in der Figur mit *M* bezeichnet, befindet sich über der Schleusenkammer und ist aus Holzstäben zusammengesetzt. Sie verlängert sich aber über das Zwischen-Bassin fort bis über die zweite Kammer. Die Windetaue für beide Bahnen sind um sie geschlungen und mit ihren Enden daran befestigt. Die Windungen sind aber entgegengesetzt, so dafs bei Drehung der Trommel das eine Tau nachgelassen, und das andre angezogen wird. Die ausgezogene Linie zeigt das vordere Tau, die punktirte Linie dagegen das der hintern Kammer.

Wäre die Trommel sich demnach selbst überlassen, so würde bei der starken Neigung der Bahnen das beladne Schiff mit zunehmender Geschwindigkeit herablaufen, und in gleicher Art das unbeladne heraufkommen. Um die Bewegung zu mäfsigen, befindet sich auf der Mitte der Trommel ein grofses Bremsrad *N*. Dasselbe kann theils durch den Rahmen, der es umschliefst, schon gesperrt werden, indem beim Andrücken des Hebels *P* die beiden Bremsklötze *S* gegen den Umfang des Rades wirken. Aufserdem dient hierzu aber auch noch die unter dem Rade angebrachte, gleichfalls mit Holz gefütterte Bremskette, die mittelst des Hebels *T* gespannt wird.

Diese verschiedenen Einrichtungen sind so angebracht, dafs der Maschinenwärter, ohne weit herumgehn zu dürfen, alle einzelnen Theile in Bewegung setzen kann. Sobald der aus dem Untercanal heraufgezogne Wagen sich in der Schleusenkammer befindet, läfst der Wärter mittelst der Kurbel *F* das Schütz herab, welches die Stelle des Unterthors versieht. Demnächst zieht der im Schiff stehende Arbeiter das Schütz des Oberthors, öffnet das Thor, sobald die Kammer gefüllt ist, mittelst des Drehbaums, löst das Schiff vom Wagen und schiebt dasselbe ins Oberwasser. Ein beladnes Schiff wird darauf hineingeführt und dieses sowohl, wie gleichzeitig auch im Unterwasser ein leeres, auf die Wagen gestellt. Eine Glocke, deren Zug bis zum Unterwasser reicht, giebt das Signal, dafs auch dort Alles vorbereitet sei. Hierauf tritt der Maschinenwärter mit dem Fufs auf den Hebel *E* und öffnet dadurch das Schütz *D*, wodurch die Schleusenkammer sich entleert. Während dieses geschieht, drückt er den Hebel *P* fest an, um ein Herablaufen des Wagens, sobald derselbe durch das Schiff belastet wird, zu verhindern. Er stellt den Hebel *P* und mit ihm die Bremse fest, indem er die gezahnte eiserne Stange *Q* einhakt. Hierauf windet er mit der Kurbel *F* das grofse Schütz auf, und setzt dadurch die Schleusenkammer mit der geneigten Ebne in Verbindung. Indem die Bahn, welche innerhalb der Schleuse liegt, nur wenig geneigt ist, so kommt der Wagen, nachdem die Bremse festgestellt worden, nicht früher in Bewegung, als bis diese etwas gelöst wird. Sobald aber der Wagen die Schleuse verlassen hat, mufs die Bremse wieder festgestellt werden, und selbst dieses verhindert nicht, dafs die Geschwindigkeit zuweilen eine bedenkliche

Gröfse annimmt. Alsdann tritt der Maschinenwärter auf den Hebel *B*, der den Winkelhebel *T* und durch diesen die Bremskette in Wirksamkeit setzt. Hierdurch kann die Bewegung vollständig geregelt werden. Die Zeit des Herauf- oder Herablassens eines Wagens beträgt zwischen 2 und 3 Minuten.

Der beladne Wagen verliert, sobald er in das Wasser tritt, einen Theil seines Gewichts, und wiewohl der Zug des leeren Wagens bei dessen Eintritt in die Schleuse wegen der geringern Neigung der Bahn auch etwas geringer wird, so kann der erstere doch nicht so tief herablaufen, dafs das Schiff sich abhebt und aufschwimmt. Sobald man aber das nunmehr davor gespannte Pferd anziehn läfst, so schiebt es den Wagen so weit vor, dafs die Berührung mit dem Schiff aufhört und das folgende leere Schiff einfahren und an demselben befestigt werden kann. Hierdurch wird zugleich der leere Wagen, wenn er nicht vollständig bis in die Kammer gekommen sein sollte, vollends hineingezogen. Zu diesem Zweck ist indessen noch eine besondre Vorrichtung angebracht. Es befindet sich nämlich an der Rolle *L* ein gezahntes Rad, und hierin greift ein doppeltes Vorgelege, das mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Mit Hülfe dieser Kurbel, und wenn zugleich einige Arbeiter das grofse Bremsrad an den Speichen fassen und es drehn, kann man sogar den Wagen mit dem leeren Schiffe heraufwinden, falls auch kein beladnes herabgeht. Dieser Fall kommt freilich beim gewöhnlichen Betriebe der Schiffahrt nicht vor, wohl aber wenn ein Schiff verunglückt ist, und durch ein neues ersetzt werden mufs.

Man hat in gleicher Weise, wie bei der senkrechten Hebung, auch den Versuch gemacht, die Schiffe schwimmend, also zugleich mit den gefüllten Schleusenkammern, auf Wagen zu stellen, welche auf schrägen Bahnen die obere Canalstrecke mit der untern verbinden. Dieses ist beispielsweise auf dem Monkland-Canal geschehn, der sich ohnfern Glasgow an den Forth- and Clyde-Canal anschliefst.

Schon bei der ersten Anlage dieses Canals, im Jahr 1839, hatte der Ingenieur Thomson wegen der vorhandenen sehr grofsen Niveau-Differenzen dieses System empfohlen. Die Actien-Gesellschaft entschlofs sich aber Anfangs zur Erbauung gewöhnlicher Schiffsschleusen, wodurch sie den Verkehr mehr gesichert glaubte.

Die Erfahrung zeigte indessen bald, dafs die Zuflüsse des Canals zur Speisung dieser Schleusen nicht genügten. Man war daher gezwungen, hiervon wieder abzugehn, worauf Thomson's Plan mit einigen Abänderungen durch Leslie zur Ausführung gebracht wurde.

Die Schiffe, welche diesen Canal befahren, haben weit gröfsere Dimensionen, als jene, die in den beweglichen Kammern des Grand-Western-Canals auf- und absteigen. Sie sind 70 Fufs lang und 12 Fufs 8 Zoll Englisch breit. Auch das zu überwindende Gefälle war hier viel bedeutender. Es mifst nämlich nahe 93 Fufs. Die Ebne, welche den Obercanal mit dem Untercanal verbindet, ist um ein Zehntheil ihrer Länge geneigt, und im Ganzen 83½ Rheinländische Ruthen lang. Ihre Länge zwischen beiden Canälen mifst 960 Fufs, sie setzt sich aber noch 70 Fufs in den Untercanal fort, indem die beweglichen Schleusenkammern jedesmal so tief in das Unterwasser herablaufen, bis der innere und äufsere Wasserstand gleiche Höhe hat.

Obwohl Thomson ursprünglich nur eine bewegliche Schleuse einzurichten beabsichtigte, so hat Leslie doch deren zwei ausgeführt, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten. Hierdurch wurde die Darstellung doppelter Anschlüsse, sowohl an den Unter-, als an den Obercanal bedingt, und diese sind dadurch gebildet, dafs beide Canäle sich in je zwei Arme spalten. Die beiden obern Arme schliefsen sich an eine starke Futtermauer an, die zugleich die geneigte Ebne begrenzt. In der Mündung jedes Canalarms und zwar in der Oeffnung der erwähnten Mauer ist ein einfaches Schleusenthor angebracht, das um eine horizontale Achse in der Sohle gedreht werden kann, und den Canal abschliefst, sobald er nicht mit der Schleusenkammer verbunden ist. Zur Bewegung dieser Thore ist jedes derselben an einer Seite mit einem gezahnten Quadranten versehn, der durch eine Schraube gedreht wird.

Auf der geneigten Ebne liegen zwei Geleise von 7 Fufs Spurweite, welche die gegenüberstehenden obern und untern Canalarme mit einander verbinden, und sich bis zu der erforderlichen Tiefe in den letztern fortsetzen. Der Abstand beider Geleise von einander beträgt 18 Fufs.

Die auf Rädern ruhenden Schleusenkammern bestehn ganz aus Eisen, und sind in gleicher Weise wie eiserne Schiffe aus starken Blechen und Eckeisen zusammengenietet. An beiden Enden be-

finden sich eiserne Schütze, die an Ketten gehängt und mit Gegengewichten versehn, mittels Kurbeln gehoben und herabgelassen werden. Ein hölzerner Ueberbau von etwa 6 Fuſs Höhe befindet sich auf jeder Kammer. Derselbe dient theils zur Befestigung der darin befindlichen Schiffe, vorzugsweise aber wird an ihm mittelst Drahtseilen die Kammer heraufgezogen und herabgelassen.

Damit die Kammer stets die horizontale Stellung behält, muſs sie an einem Ende um 7 Fuſs höher über der Bahn stehn, als am andern. Dieses ist erreicht durch die verschiedene Höhe der Stützen über den Achsen, sowie der Räder selbst. Sie ruht auf zehn Achsen oder zwanzig Rädern, davon sind sechszehn 3 Fuſs, zwei 2½ und zwei 1½ Fuſs hoch. Die Räder wie auch die Schienen, worauf sie laufen, sind wie bei Eisenbahnen geformt. Das Gewicht jeder Kammer mit Unterbau und Füllung beträgt 1380 Centner.

Die Drahtseile, woran die Kammern aufgezogen und herabgelassen werden, sind 2 Zoll stark. Unter jeder Kammer sind mehrere starke eiserne Hebel in der Art angebracht, daſs sie von selbst niederfallen und das Herabrollen des Wagens verhindern, sobald das Seil reiſst und seine Spannung verliert.

Die aufwärts gehende Schleusenkammer hat dasselbe Gewicht wie die abwärts gehende, indem man in beiden gleichen Wasserstand erhält. Hiernach ist eine äuſsere Kraft erforderlich, um die Bewegung hervorzubringen, sowie um die verschiedenen Reibungen zu überwinden, und um das Uebergewicht des ausgelaufnen Drahtseils auszugleichen. Zu diesem Zweck sind am obern Ende der geneigten Ebne zwei mit einander verbundne Hochdruck-Maschinen aufgestellt. Dieselben treiben eine Welle, woran sich in der Mitte zwischen beiden Geleisen oder beiden Armen des Obercanals ein Getriebe befindet. Dieses greift in ein eisernes Stirnrad von 10 Fuſs Durchmesser, und letzteres setzt ein zweites eben so groſses Stirnrad in Bewegung. Diese beiden Stirnräder drehn sich daher in entgegengesetzter Richtung. Jedes derselben ist mit einer groſsen Trommel von 16 Fuſs Durchmesser und 3½ Fuſs Breite verbunden. Diese Trommeln liegen zwischen den Schienen beider Geleise, und zwar in solcher Höhe, daſs sie noch etwas darüber hinaufreichen, ohne jedoch von den Wagen berührt zu werden. Die Enden der Drahtseile sind an die Trommeln befestigt, sobald

daher das eine Seil sich aufwindet, wird das andre in gleichem Maafse nachgelassen, und während der eine Wagen ansteigt, geht der andre herab.

Um ein regelmäfsiges Aufwinden der Seile zu veranlassen, ist vor den Trommeln noch eine besondre Führung angebracht, wodurch die Seile bei jeder Umdrehung um 2 Zoll seitwärts geschoben werden, und sich daher regelmäfsig, und ohne starke Pressung und Reibung aufrollen.

Bevor die Bewegung beginnt, steht der eine Wagen so tief im Unterwasser, dafs nur der Oberbau und der obere Rand der Schleuse darüber hervorragt. Unter dem mit Gegengewichten versehnen Schütz fährt das Schiff in die Schleuse ein. Der andre Wagen dagegen ist unmittelbar an die Mauer geschoben, welche den Obercanal begrenzt, und nachdem das Schiff, das herabgehn soll, hineingebracht und das Schütz, so wie auch das Thor des Canals geschlossen ist, setzt man die Dampfmaschinen in Gang. Die Wagen nehmen nach und nach, wie das eine Seil sich weiter auszieht und das andre sich verkürzt, eine schnellere Bewegung an, so dafs eine zu starke Beschleunigung gegen das Ende des Wegs durch vorsichtige Behandlung der Dampfmaschine verhindert werden mufs. In fünf Minuten ist der erste Wagen bis an den Obercanal aufgestiegen, während der zweite in den Untercanal herabgelaufen ist. Ueber Letztern ist nichts zu erwähnen, aber der erstere mufs so gestellt werden, dafs zwischen der auf ihm ruhenden Schleusenkammer und der Stirn der Canalmauer ein möglichst wasserdichter Verschlufs sich bildet. Zu diesem Zweck ist auf dem Rande der Kammer ein Flechtwerk von getheerten Tauen befestigt, der Wagen wird aber noch durch eine kräftige Winde scharf gegen die Mauer gepreſst. Ein gewisser Wasserverlust ist hierbei unvermeidlich, da wenigstens der Raum zwischen dem Schütz der Kammer und dem Thor des Canals jedesmal gefüllt und entleert werden mufs. Doch auch dieses Wasser läfst man nicht unbenutzt abfliefsen, fängt es vielmehr in einem möglichst hoch aufgestellten Bassin auf, und in der Zwischenzeit, dafs die Dampfmaschine zur Bewegung der Schleusenkammern nicht benutzt wird, pumpt sie das aufgefangene Wasser wieder in den Obercanal zurück.*)

*) *The engineer and Machinist.* Juli- und August-Heft 1850.

Geneigte Ebnen, auf deren Wagen unmittelbar gröfsere Canalschiffe gestellt werden, kann man nach zwei wesentlich verschiedenen Systemen anordnen. Die Ebnen setzen sich nämlich entweder mit constantem Gefälle von dem Untercanal bis zu dem Obercanal fort, wobei sie aber nicht unmittelbar in den letztern, sondern in eine mit diesem verbundene Schleusenkammer eintreten, die abwechselnd mit Wasser gefüllt und geleert wird, — oder zwischen beiden Canälen befindet sich ein erhöhter Rücken, der von den Wagen mit den Schiffen überstiegen werden mufs.

Die letzte Anordnung gewährt den wesentlichen Vortheil, dafs jeder Wasserverlust zum Füllen der Schleuse aus dem Obercanal vermieden, aufserdem auch die Schleuse entbehrt wird, deren Benutzung überdiefs einige Zeit in Anspruch nimmt. Dagegen tritt hierbei der Uebelstand ein, dafs der Wagen, der das Schiff trägt, insofern er den Scheitel übersteigen mufs, nothwendig nur auf zwei Achsen ruhen darf. Wenn jede derselben auch wie bei achträdrigen Eisenbahnwagen auf einem besondern vierrädrigen Gestell liegt, das wieder von zwei Achsen getragen wird, so lassen sich dabei dennoch nicht mehr als acht Räder anbringen, die eben so wie die Schienen, auf welchen sie laufen, zu sehr in Anspruch genommen würden, wenn man die gröfsten beladnen Flufsschiffe darauf stellen wollte. Bei der gleichmäfsigen Neigung der Bahnen im ersten Fall hindert dagegen nichts, die Last auf eine beliebige Anzahl von Achsen und Rädern unter dem Wagen zu vertheilen. Hiernach darf, wie die bisherigen Erfahrungen dieses bestätigen, die geneigte Ebne mit dem Scheitel nur gewählt werden, wenn das Gewicht der Schiffe und ihrer Ladungen eine gewisse Grenze nicht übersteigt.

Es fehlt freilich nicht an Vorschlägen, mit Wagen von beliebiger Anzahl der Räder die Scheitel zu passiren, doch sind solche, soviel bekannt, bisher noch nie versucht, auch dürften dabei manche wesentliche Uebelstände nicht zu umgehn sein. Hieher gehört zunächst der Vorschlag, die Schiffe, während sie nach der Quere gestellt sind, die Ebnen passiren zu lassen. In diesem Fall würden aber für jeden Wagen nicht zwei Schienenstränge genügen, sondern die Anzahl derselben müfste dem Gewicht und der Länge des Schiffs entsprechend vermehrt werden. Die Anlage würde also bedeutend kostbarer, und dieses um so mehr, als auch

die Ebne eine viel gröfsere Breite erhalten müfste. Ein andrer Uebelstand wäre, dafs bei der grofsen Breite und geringen Länge des Wagens eine einfache Zugkette kaum genügen dürfte, um eine schräge Stellung und sonach das Entgleisen des Wagens zu verhindern. Wollte man nun vollends, wie doch jedesmal geschieht, einen Wagen herablassen, während gleichzeitig ein zweiter ansteigt, so müfste die geneigte Ebne, die doch immer künstlich angeschüttet oder durch Abgrabung dargestellt wird, eine übermäfsige Breite erhalten.

Ein andrer Vorschlag geht dahin, das Schiff in seiner Längen-Richtung bei constantem Gefälle bis zu solcher Höhe über den Obercanal ansteigen zu lassen, dafs es auf einem zweiten, von hier seitwärts abgehenden Geleise wieder bei demselben Gefälle in ein Bassin herabgelassen werden kann, das mit dem Obercanal in Verbindung steht. Zur Ueberführung in das zweite Geleise müfste entweder eine Drehscheibe oder eine Weiche angewendet werden. Die Vertheilung der Last auf eine beliebig grofse Anzahl von Rädern wäre dabei freilich zulässig, insofern der Wagen auf dem einen, wie auf dem andern Geleise, mit Einschlufs der Drehscheibe und der Weiche stets dasselbe Gefälle verfolgt. Es bleibt indessen sehr fraglich, ob die Drehscheibe, welche ein grofses beladnes Flufsschiff trägt und dabei nicht horizontal steht, sondern stark geneigt ist, überhaupt bewegt werden kann, oder aber ob die zahlreichen, hinter einander laufenden Räder dem starken Seitendruck beim Passiren der Weiche widerstehn und nicht eine so starke Reibung erfahren werden, dafs die Bewegung dadurch verhindert wird. Jedenfalls müfsten die Curven der Weiche möglichst flach gewählt werden, da aber ihre Neigung dieselbe, wie in der geraden Strecke sein soll, so würde das Schiff weit über das Niveau des Obercanals gehoben werden müssen. Hierzu kommt endlich noch, dafs von der wesentlichen Erleichterung des Verkehrs durch gleichzeitige Beförderung zweier Schiffe, von denen eines zu Berg und das andre zu Thal geht, ganz abgesehn werden mufs. Letzteres wäre nothwendig, weil bei einer festen Verbindung der beiden Wagen mit einander der untre, nachdem er bereits unter Wasser steht, wieder eine kurze Strecke hinausgehn würde, oder das gleichzeitige Einstellen und Ausfahren beider Schiffe in und aus dem Wagen unmöglich bliebe.

Bei langen Schiffen, namentlich wenn sie beladen sind und nur wenig freie Bordhöhe haben, ist es nothwendig, sie ohne Aenderung ihrer Neigung, also horizontal aus dem Wasser zu heben, und sie ebenso auch später wieder eintauchen zu lassen. Dieses ist leicht zu erreichen, wenn die geneigte Ebne keinen Scheitel hat, also mit constanter Neigung bis in jene Schleuse ansteigt. Auch wenn ein Scheitel vorhanden ist, oder die Ebne von diesem nach beiden Seiten abfällt, läfst sich die Bedingung erfüllen, insofern die vordern und hintern Räder auf verschiedenen Schienen laufen. Man könnte sogar, wie Fig. 363 auf Taf. LII zeigt, das Schiff, ohne dafs es seine Neigung ändert, von dem Oberwasser bis zum Unterwasser führen, doch ist diese Vorsicht entbehrlich, da die schräge Stellung ohne Nachtheil ist, sobald das Schiff sich über Wasser befindet. Es genügt daher, nur an den beiden untern Enden der Bahn die Nebenschienen anzubringen, auf welche die vordern oder hintern Räder sich aufstellen, um die horizontale Richtung dem Schiffe zu geben. In welcher Weise dieses geschieht, wird im Folgenden gezeigt werden. Wenn aber der Wagen auf mehr, als auf zwei Hauptachsen, also auf mehr als acht Rädern hinter einander ruht, so genügt nicht mehr ein zweiter Strang, sondern die Anzahl derselben mufs derjenigen der Hauptachsen gleich sein, und dieses wäre ein neuer Grund, bei geneigten Ebnen, die von grofsen Schiffen befahren werden, keinen Scheitel, vielmehr am obern Ende jene Schleuse anzubringen. Alsdann wird das constante Gefälle auf dem ganzen Wege erhalten, und man bedarf nur eines einzelnen Geleises.

Zunächst mag eine geneigte Ebne dieser letzten Art, die also nicht über den Spiegel des Ober-Canals ansteigt, beschrieben werden. Sie befindet sich auf dem Morris-Canal in den vereinigten Staaten Nord-America's. Dieser Canal dient vorzugsweise zum Transport der Anthracit-Kohlen, die den Lehigh-Flufs herabkommen. Der Lehigh ist mittelst 29 Schleusen schiffbar gemacht und wird von ziemlich grofsen Schiffen befahren. Bei Easton mündet er in den Delaware, und wenn letzterer auch weiter aufwärts mit dem Hudson in schiffbarer Verbindung steht, so war dieser Umweg doch zu bedeutend, als dafs die Kohlen auf demselben, und zwar etwa 15 deutsche Meilen stromaufwärts, noch mit Vortheil nach New-York gebracht werden konnten. Dieser Umstand gab

zur Erbauung des in Rede stehenden Canals in den Jahren 1825 bis 1831 Veranlassung. Er mündete ursprünglich nicht New-York gegenüber in den Hudson, sondern weiter südwärts, man hat ihn aber später bis Jersey-City verlängert. In den Delaware mündet er bei Philippsborg, Easton gegenüber. Von hier aus steigt er 739 Rheinl. Fuſs bis zur Wasserscheide, und fällt auf der andern Seite 888 Fuſs herab. Sein ganzes Gefälle beträgt daher 1627 Fuſs. Davon werden 1399 Fuſs durch drei und zwanzig geneigte Ebnen und 228 Fuſs durch fünf und zwanzig gewöhnliche Schiffsschleusen aufgehoben. Seine Länge mifst nahe 22 deutsche Meilen und er wird gespeist durch den Hopatcong-See, der bei einer Ausdehnung von nahe 2 deutschen Quadratmeilen hinreichende Zuflüsse zu haben schien, so daſs die Rücksicht auf Beschränkung des Wasserbedarfs nicht Veranlassung zur Wahl der geneigten Ebnen war.

Die geneigten Ebnen sind verschiedenartig eingerichtet, indem sie zum Theil nur einfache, theils aber und namentlich bei gröſserer Ausdehnung doppelte Geleise haben. Ihre Höhen wechseln zwischen 35 und 97 Fuſs. Dagegen stimmen ihre relativen Gefälle ziemlich nahe überein, und betragen bei allen nicht über ein Zehntel und nicht unter ein Zwölftel der Länge. Die Verschiedenheit in ihrer Aeordnung ist in neuerer Zeit beim Umbau derselben noch gröſser geworden.

Chevalier*) beschreibt die mit zwei Geleisen versehne Ebne bei Philippsburg, wie er sie 1835 sah. Sie ist die gröſste von allen, indem ihre Höhe 97 Fuſs beträgt. Ihre Länge mifst 89 Ruthen, sie ist daher nahe mit 11facher Anlage geneigt. Fig. 360 *a* zeigt den obern Theil derselben mit den beiden Schleusenkammern, welche sie mit dem Obercanal verbinden. Die eine der Kammern ist leer, und die andre gefüllt gezeichnet. In Fig. 360 *b* sieht man den Längendurchschnitt der ersten und in *c* den der zweiten Schleuse. Endlich stellt Fig. 361 in *a* und *b* noch das untre Ende der Ebne und einen Wagen dar, dessen vordere Ansicht Fig. 361 *c* gezeichnet ist.

Die Schiffe, welche den Canal befahren, haben nur mäfsige Dimensionen, ursprünglich trugen sie nicht mehr als 500 Centner,

*) *Histoire et description des voies de communication aux Etats-Unis. Tome II.* pag. 476.

später hat man durch Erweiterung der Schleusen ihre Ladungsfähigkeit auf 700 Centner gebracht, und wie es scheint, ist man in neuester Zeit damit noch weiter gegangen. Nach Chevalier sind die Schleusen 10½ Fuſs weit, im Ganzen 76 Fuſs lang, die Schiffe dagegen 10 Fuſs breit und 60 Fuſs lang. Indem diese beim Befahren der geneigten Ebnen auf Wagen stehn, und letztere bis in die Schleusen kommen, so müssen die Unterhäupter und Kammern derselben angemessen erweitert sein. Die Wagen haben acht Räder von gleicher Höhe, wie achträdrige Eisenbahnwagen. Je zwei Achsen liegen ziemlich nahe zusammen und sind durch ein besondres Gestell oder einen Schemel verbunden, der in seiner Mitte die Hauptachse und auf dieser den Rahmen trägt, worauf das Schiff gestellt wird. Man erreicht hierdurch den Vortheil, daſs die Last sich auf beide Achsen jedes Schemels, oder auf dessen vier Räder gleichmäſsig vertheilt. Der Rahmen, aus mehreren starken Langschwellen bestehend, ist, wie Fig. 361 zeigt, auf jeder Seite mit einem Hängewerk versehn. Auf die Unterstützungspunkte über den Schemeln sind vier Säulen gestellt, welche die Streben der Hängewerke tragen. Die Hängesäulen der letztern unterstützen die Mitte des Rahmens, und von den äuſsern Enden der beiderseitigen Wände reichen noch eiserne Zugstangen herab. Endlich verbinden drei Riegel die beiderseitigen Hängewände, und diese sind so hoch gelegt, daſs die Schiffe darunter fortfahren können, während sie auf die Wagen gestellt, oder davon entfernt werden.

In der Mitte des Bodens jeder Schleuse befindet sich eine Bohle *A*, hieran sind die beiden Enden einer langen Kette befestigt, die über drei eiserne Rollen läuft, von denen eine *G* zwischen beiden Schleusen liegt, und die beiden andern an den abwärts gekehrten Enden der Wagen sich befinden. Sobald die Kette beim Herabgehn eines Wagens über ein Geleise sich hinzieht, legt sie sich auf Leitrollen auf. Die Figuren 360 und 361 zeigen diese Kette. Die Bewegung wird derselben ertheilt durch die Treibrolle *G*. Diese hat eine schräge Lage, hält 8 Fuſs im Durchmesser und befindet sich unter den beiden Schleusenböden. Ein gezahntes konisches Rad ist daran angegossen, und dieses wird durch mehrere Verbindungsräder von dem groſsen Wasserrade *B* in Bewegung gesetzt. Letzteres ist halbschlächtig und wird vom Wasser des Obercanals getrieben. Die Verbindung mit der Treibrolle ist aber in

der Art eingerichtet, dafs zwei konische Räder an einer gemeinschaftlichen Achse in das erste konische Rad eingestellt werden können. Auf diese Art ist die Treibrolle beliebig in einer oder der andern Richtung zu bewegen, obwohl das Wasserrad stets in demselben Sinne sich dreht.

Der Raum, worin das Räderwerk sich befindet, darf nicht in freier Verbindung mit den Schleusenkammern stehn, weil sonst der Wasserverlust beim jedesmaligen Füllen einer Schleuse zu grofs wäre. Chevalier äufsert sich nicht über die hier vorgesehene Dichtung, die wahrscheinlich durch Stopfbüchsen bewirkt war, durch welche auch die Kette beim Durchgange durch den Boden lief. Die Kette hatte die Stärke von $8\frac{1}{2}$ Linien, und man mufs annehmen, dafs sie aus besonders geformten Gliedern bestand, die von der Rolle G sicher gefafst wurden.

Die Schleusen, aus Holz erbaut, liegen unmittelbar neben einander. Ihre Unterthore bestehn aus einzelnen Flügeln, die sich um horizontale Achsen drehn. Wenn sie geschlossen sind, stehn sie, wie Fig. 360c zeigt, nicht senkrecht, sondern hängen nach der Kammer über, indem die Falze in den Seitenwänden, wogegen sie anschlagen, diese Richtung haben. Dabei bedarf es keiner besondern Vorrichtung, um sie zu öffnen, vielmehr schlagen sie von selbst herab, sobald der Wasserstand in der Kammer sich senkt. Sie legen sich indessen nicht ganz auf den Boden und indem sie auf der Rückseite mit Schienen versehn sind, so schliefsen sich diese an die beiderseitigen Geleise an. An den obern Seiten werden die Schleusen durch Schütze geschlossen, die aber, wenn sie geöffnet werden sollen, sich nicht heben, sondern senken, damit die Schiffe darüber fortgehn können. Jedes dieser Schütze ist an der der Kammer zugekehrten Seite mit zwei eisernen gezahnten Stangen versehn, und in diese greifen zwei Getriebe an einer gemeinschaftlichen Achse. Diese Getriebe werden durch ein zweites, kleineres Wasserrad D in Bewegung gesetzt (Fig. 360a). Indem aber beide Schütze ganz unabhängig von einander bewegt, und zwar theils gehoben, theils gesenkt werden müssen, so genügte hier nicht die beim andern Wasserrade gewählte Einrichtung, vielmehr mufste das kleinere Wasserrad in entgegengesetzten Richtungen gedreht werden können. Es besteht daher aus zwei mit einander verbun-

denen oberschlächtigen Rädern, deren Zellen entgegengesetzt gestellt sind.

An den untern Enden der Kammerböden befindet sich jedesmal eine grofse Oeffnung, die zu einem darunter befindlichen Canal führt. Letzterer verbindet sich mit dem Untergraben der beiden Wasserräder und ergiefst sich mit starkem Gefälle in den Untercanal, oder wird, wenn dieser einer solchen Speisung nicht bedarf, anderweitig abgeführt. Jene Oeffnungen im Kammerboden werden durch horizontale Schütze geschlossen, und die damit verbundenen Zugstangen, die flach auf den Schleusenböden liegen, sind an hochkantig gestellte Bohlen *E* befestigt. Aufserdem greifen hier die Ketten *F* ein, welche um jene bereits erwähnten Achsen geschlungen sind, durch welche die grofsen Schütze gezogen werden, die den Verschluſs der Oberhäupter bilden. Diese Ketten sind so abgeglichen, dafs sobald die Schütze beinahe den höchsten Stand erreicht haben, also die Verbindung mit dem Oberwasser aufhört, sie alsdann das horizontale Schütz am Boden der Schleuse zurückziehn.

Die Kammer sei leer, das Schütz sei gehoben, bilde daher den Abschluſs gegen das Oberwasser, während das Unterthor geöffnet und unter demselben die Oeffnung frei ist, durch welche die Kammer sich entleert hat. Die sämmtlichen Theile befinden sich alsdann in derjenigen Stellung, welche Fig. 360 *b* zeigt, und die Kammer ist zur Aufnahme des Wagens bereit. Derselbe fährt über das herabgeschlagene Unterthor von der geneigten Ebne in sie hinein, und nachdem dieses geschehn, setzt der Wärter das kleinere Wasserrad in der Art in Bewegung, dafs die Getriebe *C* die gezahnten Stangen am Schütz und mit dieser das Schütz selbst herabdrücken. Die um die Achse des Getriebes geschlungene Kette wird dabei abgewunden, wodurch jedoch der Schieber am Boden der Schleusenkammer, der das horizontale Schütz bewegt, noch nicht zurückgestofsen wird. Dagegen fängt das Oberwasser bald an, über das Schütz sich in die Schleusenkammer zu ergiefsen, und indem es auf dem stark geneigten Boden derselben hinströmt (dessen Neigung bedeutend steiler, als die der Bahn ist, wie Fig. 361 *c* zeigt), so stöfst es theils gegen die hochkantige Bohle *E*, welche mit dem Schieber verbunden ist, theils aber bedeckt es auch den Boden, indem die Oeffnung nicht grofs genug ist, den immer stärkern Zu-

flufs abzuführen. Hierdurch vermindert sich das Gewicht des Schiebers, und indem es durch das umgebende Wasser bald ganz aufgehoben wird, so verschwindet auch die Reibung, die den Schieber Anfangs verhinderte, dem Stofs des Wassers zu folgen. Der Schieber kommt daher plötzlich in Bewegung und schliefst die Oeffnung. Das Wasser, welches noch der Oeffnung zuströmt, übt, indem der Ausweg plötzlich geschlossen ist, rings umher einen starken Seitendruck aus, und stöfst das Unterthor auf. Wie dasselbe sich hebt, sammelt das Wasser davor sich noch stärker an, und drängt das Thor soweit zurück, dafs das Unterhaupt vollständig geschlossen wird.

Alle beweglichen Theile der Kammer befinden sich alsdann in der Stellung, welche Fig. 360 *c* zeigt. Das Schiff, welches aber bisher auf dem Wagen stand, wird durch das steigende Wasser abgehoben, und indem es frei über dem Wagen schwimmt, kann es sogleich in das Oberwasser gezogen, und durch ein andres ersetzt werden.

Sobald dieses geschehn ist, setzt der Wärter wieder das Wasserrad *D* in Bewegung, indem er aber jetzt das zweite Schütz vor dem Rade öffnet, und das Wasser in den andern Zellenkranz des Rades einströmen läfst, so wird das Getriebe *C* in entgegengesetzter Richtung gedreht, also das Schütz vor der Schleusenkammer gehoben. Anfangs wird hierdurch keine weitere Aenderung in der Stellung der beweglichen Theile, oder des Wasserstandes in der Kammer veranlafst. Sobald aber das Schütz das Niveau des Ober-Canales beinahe erreicht hat, so wird durch das Getriebe *C* die Kette *F* angezogen, und indem der Schieber am Boden der Schleusenkammer zurückweicht, wird die Abfluſs-Oeffnung frei, und nunmehr entleert sich die Kammer. Dadurch verliert das Unterthor seine Unterstützung und fällt flach nieder, wodurch die Eisenbahn in der Kammer mit der auf der geneigten Ebne in Verbindung gesetzt wird. Der Wagen, auf welchen das Schiff sich bereits aufgestellt hat, kann alsdann herabgelasssen werden.

Diese Anordnung entspricht wahrscheinlich den dortigen Bedürfnissen, welche eine rasche Förderung der Schiffe, und zugleich die möglichste Ersparung an Menschenkraft fordern. Nichts desto weniger dürfte doch immer ein starker Wasserverlust bei jedem

Durchgange eines Schiffes eintreten, auch erwähnt Chevalier, dafs vielfache Beschädigungen der Anlage vorkommen.

Ueber die Bewegung der Wagen auf den geneigten Ebnen mufs noch Einiges hinzugesetzt werden. Wenn ein beladenes Schiff die Ebne herabfährt, so bildet dasselbe bei der starken Neigung der letztern ohne Zweifel schon hinreichendes Uebergewicht, um den andern Wagen mit einem leeren Schiffe hinaufzuziehn. Dieser Fall kommt indessen nur bei den zwölf geneigten Ebnen auf dem östlichen Abhange vor, wogegen auf den elf Ebnen des westlichen Abhanges stets die beladenen Schiffe aus dem Thal des Delaware hinansteigen, und die leeren herabgehn. Es mufs daher in diesem Fall nothwendig eine äufsere Kraft angewendet werden, um die erstern heraufzuwinden. Dieses geschieht mittelst des grofsen halbschlächtigen Wasserrades *B*, welches die Treibrolle unter den Schleusenkammern sowohl rechts, als links dreht, je nachdem man das eine, oder das andre der beiden an der gemeinschaftlichen Achse befindlichen conischen Getriebe in das conische Rad an der Treibrolle eingreigen läfst.

Gegen das Ende der Bewegung tritt der herabgehende Wagen und mit ihm das darauf stehende Schiff in das Unterwasser, und dadurch wird sein Uebergewicht aufgehoben. Andrerseits ist die Neigung der Bahn in der Schleusenkammer noch geringer, als die der Ebne, daher bedarf es nur eines schwächern Zuges, um den ansteigenden Wagen vollends an das Ende des Schienenstranges zu ziehn. Jedenfalls bietet das Wasserrad hierzu Gelegenheit. Anders verhält es sich dagegen mit dem herabgehenden Wagen. Soweit der ganze Apparat bisher beschrieben, ist derselbe nicht geeignet, diesen Wagen bis zu solcher Tiefe in das Wasser herabzuziehn, dafs das darauf stehende Schiff gehoben würde, und leicht fortgezogen werden könnte. Bei dem gröfsern Gewichte der Wagen und der Schiffe ist es auch nicht leicht, durch eine andre Kraft, wie etwa durch ein Pferd den Wagen noch weiter ziehn zu lassen, nachdem er bereits vollständig zur Ruhe gekommen ist. Zur Beseitigung dieses Uebelstandes ist eine Vorrichtung gewählt, die bereits Fulton im Jahre 1796 angegeben hatte. Man verbindet nämlich die beiden Wagen noch durch ein zweites Seil oder eine zweite Kette, die über eine Rolle am Fufs der geneigten Ebne geschlungen ist. Alsdann zieht der heraufsteigende Wagen mittelst

dieser Kette den herabgehenden tiefer in das Wasser hinein, wenn das Gewicht des letztern auch schon beinahe vollständig durch den Druck des Wassers aufgehoben ist, und zur Ueberwindung der Reibung nicht mehr genügt.

Chevalier erwähnt, dafs diese zweite oder die Hinterkette bedeutend schwächer, und nur aus halbzölligen Stäben geschmiedet ist. Sie ist aber nicht in der Mittellinie der Wagen, vielmehr an der einen Seitenwand befestigt, und zwar an derjenigen, welche dem andern Geleise zugekehrt ist. In Fig. 361 bemerkt man diese Kette nebst der Rolle, um welche sie geschlungen, und der Rüstung welche letztere trägt. Die Befestigung der Kette zur Seite des Wagens ist augenscheinlich nur gewählt, um die Rolle nebst der zugehörigen Rüstung, nicht vor die Wagen treten zu lassen, wodurch das Aus- und Einfahren der Schiffe behindert wäre.

Chevalier theilt in Betreff der Dauer des Uebergangs eines Schiffes noch mit, dafs einschliefslich des Befestigens und Lösens desselben an den Wagen, bei einer geneigten Ebne, deren Gefälle 77 Fufs betrug, an einem Tage siebenundneunzig solche Uebergänge stattgefunden haben, und noch mehr Schiffe hätten befördert werden können, wenn solche davor gelegen hätten.

Bald nach Beendigung des Morris-Canals sollten im Staat New-York Canäle am Genesee und Black-River erbaut werden, und es entstand die Frage, ob man dabei geneigte Ebnen oder gewöhnliche Schleusen wählen sollte. Es wurde daher 1836 eine Commission nach dem ersten Canal geschickt, um über den Betrieb auf den geneigten Ebnen sich gutachtlich zu äufsern. In dem darüber erstatteten Bericht wurde zuerst auf die wesentliche Verschiedenheit zwischen dem Morris-Canal und den in Aussicht stehenden hingewiesen. Jener hatte viel geringere Tiefe und Breite und die Schiffe luden auf ihm nur halb so viel, als sie hier laden sollten. Die dort gewählte Ladungsfähigkeit sei aber die äufserste Grenze für Schiffe, die ohne Beschädigung aus dem Wasser gehoben werden könnten, namentlich wenn die Güter sich nicht in sich selbst fest ablagern, wie Kohlen, und vielmehr auf die Seitenwände einen erheblichen Druck ausüben. Ein solcher würde die feste Verbindung eines Schiffs beeinträchtigen, sobald der Gegendruck des Wassers aufhört. Die Commission sprach sich daher für gewöhnliche Schleusen aus, obwohl sie unter Umständen die geneigten Ebnen

als sehr vortheilhaft für den Verkehr und zur Erreichung wohlfeilerer Frachten dienlich erklärte.

Die geneigten Ebnen des Morris-Canals haben indessen seit jener Zeit wesentliche Veränderungen erfahren, wodurch manche Uebelstände beseitigt sind, und der Betrieb gröfsere Sicherheit erreicht hat. Die Verbesserungen mögen hier nur kurz angedeutet werden.

Die wichtigste Aenderung bezog sich wohl darauf, dafs in allen gröfsern Ebnen, die Kammerschleuse im Anschlufs an die obere Strecke beseitigt und dafür ein Scheitel eingeführt wurde, von welchem aus geneigte Ebnen bis unter die beiderseitigen Canalstrecken herabgeführt sind. Sodann vertauschte man die Ketten mit Drahtseilen, und diese wurden durch Trommeln angezogen, um welche sie mehrfach umgeschlungen waren, um nicht darüber zu gleiten. Zur Bewegung der Trommeln diente wieder das Wasser, und um dieses möglichst vortheilhaft zu benutzen, mufste das ganze Gefälle vom Ober- bis zum Unter-Canal verwendet werden. Die Maschine konnte sonach nicht über den Scheitel gestellt, sondern mufste an eine tiefe Stelle verlegt werden, wo das verwendete Betriebswasser freien Abflufs fand, während es in hohen Gerinnen zugeführt wurde. Die Gefälle waren meist zu grofs, als dafs man noch Mühlräder anwenden konnte, man wählte daher andre und vorzugsweise Reactions- oder Segner'sche Maschinen.

Die Drahtseile waren an die stromabwärts gekehrten Seiten der Wagen befestigt. An den andern Seiten derselben setzten sie sich aber fort und waren hier über eine in der Sohle des obern Canals versenkte Scheibe geführt. Fig. 362 zeigt diese Anordnung, *a* im Grundrifs und *b* im Längenprofil. Nach der durch die Maschine gedrehten Trommel *A* werden die Seile über zwei Leitrollen geführt, doch sind wenn die Maschine etwa bei *C* aufgestellt werden mufs, drei solche erforderlich, wie die punktirten Linien ergeben.

Indem ein wasserfreier Scheitel eingeführt wurde, von welchem aus die geneigten Ebnen nach beiden Seiten abfielen, so neigte sich auch der Wagen, wenn er auf demselben Geleise blieb, bald nach vorn und bald nach hinten. Indem die Bahnen an beiden Enden sehr flache Neigungen erhielten, liefs sich zwar das Eintauchen der Schiffsboote vermeiden, aber die Ladungefähigkeit wurde hier-

durch dennoch beschränkt, oder man mufste die Seitenwände am Vorder- und Hintertheil höher ansteigen lassen, als ohne dieses nöthig gewesen wäre, und die Schiffe wären hierdurch wieder zum Nachtheil ihrer Tragfähigkeit ansehnlich beschwert worden. Man wählte daher doppelte Geleise, von denen das eine soweit über das andre vortrat, als das Gefälle zwischen den vordern und hintern Rädern des Wagens betrug. Es mufsten alsdann aber auch Räder mit je zwei Reifen benutzt werden, von denen die zweiten in der Nähe der Canäle auf andere und zwar auf höhere Schienen traten.

Geneigte Ebnen, die mit Scheiteln versehn sind, also nach beiden Seiten abfallen, kamen in England schon am Ende des vorigen Jahrhunderts am Shropshire-Canal zur Ausführung. Dieser Canal beginnt ohnfern Oaken-Gates im Kirchspiel Lilliskall und mündet in die Severn bei Coals-Port unterhalb Coalbrook-Dale. Er ist etwa 1,6 deutsche Meilen lang und fällt 395 Rheinl. Fufs herab. Drei geneigte Ebnen, von denen die eine bei Hay 201 Fufs hoch ist, vermitteln dieses Gefälle. Sie sind sämmtlich mit je zwei Geleisen versehn, so dafs auf ihnen immer gleichzeitig ein beladenes Schiff herab- und ein leeres heraufgeht. Die ganze Anordnung der Geleise, Wagen und Betriebsmaschinen ist denjenigen ähnlich, die den Verkehr nach dem in der Nähe belegenen Hüttenwerk Ketley vermitteln, und die oben beschrieben sind (Fig. 359). Hier hat man aber um den Wasserverlust zu vermeiden, und um zugleich den Bau der Schleuse zu umgehn, wehrartige Rücken angebracht, die sich bis über das Oberwasser erheben, wobei die Bahnen sich über den Scheitel nach der andern Seite und zwar mit entgegengesetztem Gefälle fortsetzen.

Die Maschine ist ziemlich dieselbe geblieben, nur sind die Leitrollen *L* (Fig. 359 *a*) bedeutend von der Trommel *M* und dem Bremsrade entfernt, und zwischen beiden befindet sich der Scheitel oder Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebnen zusammenstofsen. Auf diese Weise kann das Tau den Wagen bis über den Rücken hinüberziehn. Soll der Wagen aber umgekehrt vom Oberwasser aus auf den Rücken gezogen werden, so geschieht dieses mittelst eines andern Taues, welches unmittelbar mit der Trommel ihn verbindet. Bei dieser Anordnung bildet die Ladung des herabgehenden Schiffes keineswegs fortwährend ein genügendes Ueber-

gewicht, wodurch beide Wagen in Bewegung gesetzt werden. Anfangs müssen nämlich beide Wagen ansteigen, bis der beladene über den Rücken herüber gezogen ist. Hierzu ist eine äufsere Kraft erforderlich, und diese wird von der Dampfmaschine ausgeübt, die in den Zwischenzeiten die obere Canalhaltung mit Wasser versorgt, beim Beginn der Ueberführung von Schiffen aber die Trommel *M* in einer oder der andern Richtung dreht, bis das Uebergewicht sich darstellt, und alsdann das Bremsrad zur Fortsetzung der Bewegung genügt.

Der Rücken, in welchem die beiden geneigten Ebnen zusammenstofsen, liegt 1 Fufs über dem Oberwasser, daher die diesem zugekehrte Ebne nur eine geringe Ausdehnung hat. Nichts desto weniger würde der Wagen, indem er sich auf derselben befindet, eine sehr starke Neigung gegen den Horizont annehmen, wobei die Schiffe, während sie aus dem Wasser gehoben, oder in dasselbe herabgeführt werden, leicht schöpfen und wenn sie beladen sind, versinken könnten. Um dieses zu verhindern, hat man diejenige Achse des Wagens, woran die beiden niedrigen Räder sich befinden, seitwärts verlängert, und darauf noch zwei andre Räder aufgesetzt, die während der Fahrt auf der längern Ebne frei schweben, und keine Schienen berühren. Sobald der Wagen dagegen auf die kürzere geneigte Ebne kommt, so stellen sich diese äufsern Räder auf ein zweites Geleise auf, das höher als das innere liegt. Alsdann schweben die innern Räder frei, während die Räder der andern Achse noch auf dem innern Geleise laufen. Auf diese Art behält der Boden des Wagens, worauf das Schiff steht, beständig die horizontale Richtung, und die Gefahr, das letzteres Wasser schöpfen möchte, ist vollständig beseitigt.

Wenn man später diese Anordnung der geneigten Ebnen auch im Allgemeinen beibehalten hat, so dürfte es sich doch rechtfertigen, hier noch eine detaillirte Beschreibung solcher folgen zu lassen. Dieselben sind auf einem Canal zur Ausführung gekommen, der die ausgedehnte und hochgelegene Seen-Kette im südlichen Theil des Königsberger Regierungs-Bezirkes mit dem Elbinger Hafen verbindet.

§. 78.

Der Oberländische Canal.

Bevor ich zur Beschreibung der geneigten Ebnen auf diesem Canal übergehe, müfsen die eigenthümlichen Verhältnisse desselben kurz erwähnt werden.

In der Nähe von Preusisch-Holland erhebt sich eine Anhöhe ziemlich steil aus der Niederung, von der sie auf der nördlichen und westlichen Seite begrenzt wird. Diese Höhe setzt sich in östlicher Richtung durch den Königsberger und selbst den Gumbinner Regierungs-Bezirk fort, und bildet ein Plateau, das durchschnittlich etwa 300 Fufs über dem Spiegel der Ostsee liegt. Dieser höhere Landstrich heifst in dortiger Gegend das Oberland. Im östlichen Theile derselben, in Masuren, besteht der Boden grofsentheils aus Sand und Kies, während derselbe im Königsberger Bezirk vielfach sehr fruchtbar ist. Dieses hohe Plateau, das ohne irgend welche Spuren von Felsbildung zu zeigen, nur aus aufgeschwemmten Boden besteht, zeichnet sich noch besonders dadurch aus, dafs eine grofse Anzahl von Seen darin liegt, die zum Theil durch natürliche Wasserläufe mit einander verbunden sind.

Schon vor 50 Jahren beabsichtigte die Regierung, durch Canäle Wasserstrafsen darzustellen, wodurch theils das Holz aus den weit ausgedehnten Waldungen und theils das hier gewonnene Getreide der Küste zugeführt werden konnte. Im Jahre 1824 war ich mit der Untersuchung beschäftigt, in welcher Weise die Masurischen Seen mit dem Pregel durch die Alle in schiffbare Verbindung gesetzt werden könnten. Eine Verbindung derselben mit der Weichsel bestand zwar, doch verfolgte diese den Pisch-Flufs und den Narew, und wurde, da sie durch russisches Gebiet sich hinzog, beinahe gar nicht benutzt. Unter damaligen Verhältnissen erschien die beabsichtigte Canal-Verbindung wegen der grofsen Kosten unausführbar, und ist auch bis jetzt unterblieben, wenn gleich in neuster Zeit ein ähnliches Project, nämlich die Verbindung dieser Seen mit dem Pregel durch die Angerapp aufs Neue bearbeitet wird.

Vor dem westlichen Theile dieses Plateaus oder dem soge-

nannten Oberlande ist dagegen in den Jahren 1845 bis 1860 der Elbing-Oberländische oder Oberländische Canal herabgeführt. Der Elbing-Fluſs stellt für kleinere Fahrzeuge die schiffbare Verbindung zwischen dem Drausen-See und dem Frischen Haff dar. In diesem See beginnt der in Rede stehende Canal und steigt, indem er ungefähr dem Kleppe-Fluſs folgt, der den natürlichen Abfluſs aus dem Pinnau-See bildet, (derselbe liegt in der Mitte der Verbindungslinie zwischen Pr.-Holland und Saalfeld) bis zum Spiegel dieses Sees und zugleich bis zur Scheitelstrecke 317 Fuſs an. Der gröſste Theil dieses Gefälles, nämlich 273 Fuſs fällt aber auf eine Strecke die noch keine deutsche Meile lang ist.

Als der jetzige Baurath Steenke im Jahr 1837 den Auftrag erhielt, das Project zu diesem Canal zu entwerfen, stand es fest, daſs mittelst gewöhnlicher Schiffsschleusen eine solche Niveau-Differenz in einer so kurzen Canalstrecke nicht ausgeglichen werden könne.

Als passendstes Auskunftsmittel zur Ueberwindung dieser Schwierigkeit wählte er daher eine ähnliche Anordnung, wie solche dem Patent Slip von Morton zum Grunde liegt, daſs nämlich die Schiffe auf Wagen gestellt, und auf Eisenbahnsträngen heraufgezogen werden. Wenn man aber auf diese Weise selbst vollständig ausgerüstete Ostindien-Fahrer hob, so konnte kein Zweifel sein, daſs beladene Canalschiffe ganz sicher eben so behandelt werden durften. Dieselbe Ueberlegung führte zu den geneigten Ebnen, die Steenke bald darauf bei seiner Reise nach America näher kennen lernte.

Der Oberländische Canal, den Steenke ausgeführt hat, und der auch noch heute unter seiner Aufsicht steht, ist mit vier geneigten Ebnen versehn. Die ersten 44 Fuſs steigt er in fünf hölzernen Doppelschleusen an, alsdann folgen in einer Länge von 1694 Ruthen diese Ebnen. Die Gefälle derselben betragen

bei Buchwald . . . 65 Fuſs
bei Kanten . . . . 60 -
bei Schönfeld . . . 78 -
und bei Hirschfeld . . . 70 -

Oberhalb der letzten geneigten Ebne beginnt die Scheitelstrecke. Der bereits genannte Pinnau-See, wie auch der darauf folgende Samrodt-See hielten vor der Canal-Anlage einen noch höheren

Wasserstand, doch war die Ausdehnung des Terrains, von dem sie gespeist wurden, nicht genügend, um dem Canal den erforderlichen Wasserbedarf zu sichern. Der Spiegel der Scheitelstrecke konnte daher nicht höher, als in das Niveau des Geserich-Sees verlegt werden, der von Deutsch-Eylau in nördlicher Richtung sich hinzieht und nahe eine Quadratmeile in der Wasserfläche einnimmt. Die beiden ersten Seen mufsten demnach um 17 Fufs, und mehrere der folgenden in geringerem Grade gesenkt werden.

Bald hinter dem Samrodt-See tritt der Canal in den Röthloff-See und aus diesem in den Eiling-See, der sich bis Liebemühl hinzieht und noch mit dem ostwärts belegenen Bärting-See in schiffbarer Verbindung steht.

Die Scheitelstrecke setzt sich ferner von Liebemühl in westlicher Richtung nach dem kleinen Abiszgar-See fort, der aber nur auf einem durch denselben geschütteten Damme passirt werden konnte, da er nach dem Unterwasser der Schleuse bei Liebemühl entwässert und nicht aufgestaut werden durfte. Sein Niveau liegt daher 5 Fufs unter dem des Canals und unter dem letztern mufste noch eine Verbindung zwischen beiden Hälften des Sees dargestellt werden. Diese Leitung, in Holz ausgeführt, ist im Lichten 4 Fufs weit und 4 Fufs hoch. Etwa eine Viertelmeile weiter tritt der Canal in den Daben- und aus diesem in den Geserich-See, der sich in südlicher Richtung bis Deutsch-Eilau fortsetzt. Er trifft hier mit zwei Eisenbahnen zusammen, nämlich mit der Thorn-Insterburger und der Marienburg-Mlavaer.

In nördlicher Richtung ist der Geserich-See durch einen kurzen Canal mit dem Ewing-See bei Saalfeld verbunden, so wie auch die auf der Ost- und Westseite sich abzweigenden Arme des Geserich die Abfuhr des Holzes aus den angrenzenden Forsten vermitteln.

Die Gesammtlänge aller Schiffahrtswege in dieser Scheitelstrecke mifst über 16 deutsche Meilen. Die Verbindungen dehnen sich aber noch weiter aus. In zwei Schleusen senkt sich der Canal von Liebemühl nach dem Drewenz-See um 14 Fufs, und hierdurch eröffnet sich für die Schiffe der Weg nach Osterode, und über diesen ganzen See, der meist von Forsten umgeben ist. Aufserdem wird gegenwärtig noch der westwärts von Osterode belegene Schilling-

See wegen der daran liegenden Forsten mit dem Canalnetze verbunden.

In dieser Ausdehnung stellt der Canal Schiffahrtswege von 26 Meilen Länge dar, doch der bei Weitem gröfste Theil derselben fällt in die verschiedenen Seen, denen vielfach durch Baggern die nöthige Tiefe gegeben werden mufste. Die Gesammt-Länge aller Canal-Strecken mifst aber noch nicht 7 Meilen.

Die nähere Beschreibung der einzelnen Anlagen und der bei der Ausführung theilweise vorgekommenen Schwierigkeiten gehört nicht hieher. Es mag nur bemerkt werden, dafs einige Einschnitte bis zu 50 Fufs Tiefe gemacht werden mufsten und dafs mehrfach sehr bedeutende Rutschungen der Dossirungen, wie auch Versackungen des Leinpfades und dergleichen eintraten, die jedoch sämmtlich beseitigt sind.

Die Füllung der Scheitelstrecke, die ein weit ausgedehntes Sammel-Bassin bildet, ist von der Reichhaltigkeit der atmosphärischen Niederschläge abhängig, der Wasserstand ist daher hier sehr veränderlich, und die darin liegenden Canalstrecken, wie auch manche Theile der Seen mufsten soweit vertieft werden, dafs selbst bei dem voraussichtlich niedrigsten Wasserstande die Schiffahrt nicht unterbrochen würde. Andrerseits mufste aber auch dafür gesorgt werden, dafs die Anschwellungen niemals eine gewisse Grenze übersteigen, also nicht etwa über die Seitendämme des Canals sich ergiefsen. Zu diesem Zweck sind an geeigneten Stellen kräftige Ablässe angebracht. Insofern es jedoch nicht unmöglich ist, dafs durch Unvorsichtigkeit oder durch sonstige Zufälligkeiten veranlafst, ein solcher Durchbruch dennoch erfolgt und die mehrere Quadratmeilen enthaltende Wasserfläche alsdann sich tief senken und die Strömung enorme Verwüstungen anrichten würde, so sind an vier passenden Stellen in diesem Canal Sicherheits-Thore aufgestellt, die alsdann sich schliefsen, und die nächst belegenen Strecken absperren.

Ein sehr günstiger Umstand für die Anordnung der geneigten Ebnen war es, dafs der ganze Oberländische Canal mit allen Verzweigungen ein für sich abgeschlofsnes System bildet, welches sich an keinen Flufs anschliefst, dessen Schiffe in ihn eintreten könnten. Bei Elbing beginnt die See- und Haffschiffahrt, welche anders geformte Fahrzeuge fordert, und auf der Ost-, Süd- und Westseite

ist eine Verbindung mit den nächsten schiffbaren Flüssen und Strömen undenkbar. Die Form und Gröfse der Canalschiffe konnte daher den örtlichen Verhältnissen und der Anordnung der geneigten Ebnen angepafst werden, oder vielmehr waren beide gegenseitig von einander abhängig. Es war daher nicht nur das Project für den Canal nebst allen zugehörigen Anlagen, sondern auch für die denselben befahrenden Schiffe zu entwerfen. Auch diese Aufgabe ist durch Steenke befriedigend gelöst.

Diese Schiffe sind, mit Ausnahme einiger kleinen Dampf- und Segelböte, nahe von gleicher Form und Gröfse. Nach dem Canal-Polizei-Reglement vom 11. April 1861 dürfen ihre Dimensionen die nachstehenden Maafse nicht überschreiten.

Länge über Steving 78 Fufs,

Breite 9,5 Fufs, auch dürfen die Ladungen darüber nicht hinausreichen,

Eintauchung 3,5 Fufs.

Die letzte Bestimmung wird nicht immer genau inne gehalten, da die Controle schwieriger ist, und oft mifst der Tiefgang einige Zolle mehr. Die Schiffe laden bei Innehaltung dieser Vorschriften meist etwas über 1000 Centner, doch kommen Ladungen bis zu 1400 Centner vor.

Indem der Verkehr auf dem Canal grofsen Theils auch in Holzflöfserei besteht, so sind auch dafür Bestimmungen getroffen. Die Flöfse müssen fest verbunden sein und mindestens aus zwei Lagen Hölzer über einander bestehn. Die untre darf nicht über 8 Fufs und die obere nicht über 9,5 Fufs breit sein, und der gröfste Tiefgang mufs sich wieder auf 3,5 Fufs beschränken. Die gröfste zulässige Länge eines Flosses darf 96 Fufs nicht überschreiten, doch dürfen auf den freien Canalstrecken wie auf den Seen mehrere solche Flöfse verbunden werden.

Die Form der Canalschiffe ergiebt sich aus Fig. 389 *a*, *b* und *c*, auf Taf. LVII und man ersieht daraus, dafs die Schiffe Masten führen, welche jedoch auf den Canalstrecken niedergelegt werden. Der Gebrauch der Segel ist hier nicht gestattet, wogegen zwischen den Seen Leinpfade von 8 Fufs Breite (auf höhern Dammschüttungen von 10 bis 12 Fufs Breite) angelegt sind, auf denen der Zug durch ein oder mehrere Pferde erfolgt, die jedoch nicht neben, sondern hinter einander gespannt werden müssen.

Beim Durchgange durch die Seen werden die Segel benutzt, dieses sind meist Sprietsegel, oder Gaffelsegel, doch kommen auch Lateinische Segel vor*).

Die Schiffe müssen vorschriftsmäfsig einen Handkahn mit sich führen, der beim Uebergang über die geneigten Ebnen, wie Fig. 389*c* zeigt, an die aus den Wagen vortretenden eisernen Krahne gehängt und mit dem Schiff zugleich aus dem Wasser gehoben wird.

Die Besatzung besteht aus dem Schiffer, einem Matrosen und einem Schiffsjungen, gemeinhin ist nur die Familie des Schiffers an Bord und die Frau versieht den Dienst des Matrosen.

Der Canal hat 4 Fufs Wassertiefe, die Breite der Sohle mifst 24 Fufs, und darüber erheben sich die Seitenwände mit dreifüfsiger Dossirung. In den letztern sind noch 2 Fufs breite Bankete angebracht, welche 6 Zoll unter Wasser liegen. Seine Breite im Wasserspiegel mifst sonach 52 Fufs.

Nach diesen allgemeinen Mittheilungen über den Canal und die darauf fahrenden Schiffe gehe ich zur Beschreibung der geneigten Ebnen über.

Auf denselben befinden sich zwei Geleise, deren Spurweite 10 Fufs 5 Zoll mifst, und die von dem Scheitel-Punkte nach beiden Seiten so tief unter das Ober- und Unterwasser herabführen, dafs die auf den Wagen stehenden Schiffe aufschwimmen. Die Wasserstände in den anschliefsenden Canalstrecken können leicht durch Zuleitung aus den nächst oberhalb belegenen Strecken oder durch Ableitung in die untern auf der normalen Höhe erhalten werden, woher die Wagen stets bis zu gegebenen Stellen herabfahren. Die oberste oder die Hirschfelder Ebne begrenzt jedoch die Scheitelstrecke des Canals und hier wechselt der Wasserspiegel sogar bis 5 Fufs. Die daselbst benutzten Wagen müssen daher bei hohem Wasserstande bedeutend tiefer herablaufen, und haben demnach in den seitwärts vortretenden Wänden, welche die Laufbrücken tragen, gröfsere Höhe und sind schwerer, als die übrigen.

Die Scheitel der Ebnen erheben sich im Planum 1 Fufs über das Oberwasser, im Niveau des letztern beträgt die Stärke des

*) Im dritten Theil dieses Handbuchs, § 31, sind die verschiedenen Segel beschrieben.

Dammes, den sie bilden, gegen 40 Fuſs, und sonach ist jede Gefahr eines möglichen Durchbruchs beseitigt. Die Neigung der Ebnen ist 1 : 12. Indem Anfangs, und zwar so lange der aus dem Oberwasser tretende Wagen noch zum Scheitel ansteigt, beide Wagen mit den darauf stehenden Schiffen (zuweilen 2400 Centner) gehoben werden müssen, so ist den Ebnen für diese Theile gleichmäſsig auf beiden Seiten nur die Neigung 1 : 24 gegeben. Fig. 384 und 385 auf Taf. LVI zeigt dieses.

Das Schiff muſs, während es aus dem Wasser gehoben und darin wieder herabgelassen wird, in horizontaler oder derselben Richtung gehalten werden, in welcher es schwimmt, damit es an keinem Ende tiefer eintaucht, noch auch irgend wo einem besonders starken Druck ausgesetzt wird. Wenn die geneigte Ebne nur einseitiges Gefälle hätte, also wenn sie am obern Ende in eine mit dem Oberwasser verbundne Schleuse führte, so wäre dieses leicht durch verschiedene Höhe des Bodens, worauf das Schiff steht, über den Radachsen zu erreichen gewesen, da jedoch Scheitelpunkte vorkommen, also jede Ebne von letztern an nach entgegengesetzten Seiten abfällt, so muſste diese Bedingung in andrer Weise erfüllt werden. Hierzu boten sich verschiedene Mittel, die sämmtlich darin übereinstimmen, daſs man gewisse Nebenschienen anbringt, auf welche andre Radkränze der Räder auftreten, als diejenigen, welche auf dem Hauptgeleise bleiben. Im vorliegenden Fall ist die Anordnung getroffen, die Fig. 390*a* zeigt, daſs nämlich sämmtliche Räder, welche den Wagen tragen, mit je zwei, durch den Spurkranz getrennte Reifen versehn sind.

Die dem Unterwasser zugekehrten Räder laufen, bis der Wagen der untern Canalstrecke sich nähert, auf den äuſsern Reifen, die der obern Strecke zugekehrten dagegen auf den innern. Das punktirt angegebene Rad ist dem Oberwasser zugekehrt, das ausgezogene dagegen dem Unterwasser. Solange die Bahn nur einfaches Geleise hat, also an dieser Seite nur die Schienen *A* ausliegen, laufen beide Räder auf denselben und der Wagen, wie der darauf befindliche Boden nebst dem Schiff nehmen dieselbe Neigung an, wie die geneigte Ebne. Wo dagegen das Geleise unter das Oberwasser tritt, beginnt das Geleise *B*. Dasselbe liegt Anfangs in gleicher Höhe mit *A*, während letztres aber dauernd sich senkt, ist dieses auf die Länge des Radstandes horizontal geführt. Indem

die äufsern Reifen dieses fassen, stellt der Wagen sich horizontal, und indem weiterhin die Schienen *B* dieselbe Neigung wie *A* haben, so behält der Wagen die horizontale Stellung bis ans Ende seines Weges. Beim Einfahren in das Unterwasser heben sich dagegen die diesem zugekehrten Räder, indem sie mit dem innern Reifen sich auf das zunächst horizontal geführte Geleise aufstellen, während die Räder am andern Ende des Wagens mit dem innern Reifen auf dem Hauptgeleise bleiben. Die horizontale Strecke des ersten Geleises ist auch hier eben so lang wie der Radstand, und später haben beide Geleise gleiche Neigung.

Beide Wagen werden, wenn auch nur ein Schiff zu befördern ist, immer gleichzeitig in Bewegung gesetzt. Der eine läuft aus dem Oberwasser ins Unterwasser und der andre macht den entgegengesetzten Weg. Die Bewegung wird beiden durch die Maschine mitgetheilt, welche eine grofse eiserne Trommel abwechselnd in einer und in der entgegengesetzten Richtung dreht. Zwei Drahtseile, deren Enden an die Wagen befestigt sind, winden sich in entgegengesetzten Richtungen um diese Trommel. Das eine Tau windet sich also auf und zieht den einen Wagen, während das andre mit gleicher Geschwindigkeit sich abwindet und dem andern Wagen die Freiheit giebt, den entgegengesetzten Weg in gleicher Länge zurückzulegen.

Sobald der Wagen mit dem darauf stehenden Schiffe ins Wasser tritt und letzteres schon beinahe schwimmt, so übt es keinen hinreichenden Zug mehr aus, um den Wagen soweit zu treiben, dafs das Schiff frei wird. Um beide Wagen stets bis ans Ende der Bahnen herabzulassen, sind dieselben daher noch unter sich durch ein etwas schwächeres drittes Drahtseil verbunden, welches den abwärts fahrenden Wagen hinreichend weit herabzieht. Durch dieses sogenannte Hinterseil wird noch der Vortheil erreicht, dafs durch Vermittlung desselben auch der zweite Wagen aus dem Obercanal bis zum Scheitel gezogen wird, während die Maschine nur den ersten Wagen aus dem Unterwasser bis ins Oberwasser zieht.

Die Leitung der Seile ergiebt sich schon aus den Figuren 384 und 385, ist aber noch specieller in Fig. 386 und 387 dargestellt. Die Trommel ist so grofs, dafs auf ihrem Mantel nicht nur ein Zugseil von der Länge der ganzen Bahn Platz findet, sondern auch

noch das Ende des in entgegengesetzter Richtung aufzuwindenden zweiten Seils daran befestigt ist. Letzteres mufs bei der eintretenden Drehung den Zug ausüben. Es windet sich also auf die Trommel auf, während das andre Seil sich in gleichem Maafse davon abwindet, beide liegen in schraubenförmig eingeschnittenen Rillen und die nächsten Windungen beider bleiben stets gleich weit von einander entfernt, während der schmale freie Zwischenraum zwischen Beiden nach und nach von der einen Seite der Trommel nach der andern herüberrückt.

Das Maschinenhaus steht zur Seite des Obercanals und von hier aus sind beide Seile nach den 12 Fufs im Durchmesser haltenden eisernen Rollen geführt, welche Fig. 386 in der Stirnansicht zeigt. Sie sind (Fig. 385) etwas gegen einander verstellt, damit die Seile sich nicht berühren. Von ihren Rillen gehn beide Seile im Abstande von 14 Fufs von einander vertical abwärts zu zwei andern eben so grofsen Rädern, deren Flächen rechtwinklig gegen die ersten gerichtet sind. Man sieht diese von der Seite, und sie führen die Seile bis nahe an die Sohle des Canals und zwar parallel zur Richtung desselben und der geneigten Ebnen.

Fig. 385 zeigt *a* im Längendurchschnitt und *b* im Grundrifs das obere Ende der geneigten Ebne mit einem Theil des Obercanals und der Scheitelstrecke. Darauf ist auch ein Wagen gezeichnet, der so tief herabgelassen ist, dafs ein Schiff schwimmend in denselben einfahren kann. Man sieht auch, dafs das Mauerwerk, welches die verschiedenen Räder trägt, einen grofsen Theil des Canals sperrt, woher derselbe hier verbreitet werden mufste und dennoch nur an einer Seite die freie Durchfahrt für die Schiffe offen läfst.

Beim Uebergang über die geneigte Ebne wird jedes Drahtseil im Abstande von je 30 Fufs von einer eisernen Leitrolle gefafst, um zu verhindern, dafs es nicht auf dem Boden schleift und dadurch sich schnell abnutzt.

Fig. 384 zeigt wieder in *a* den Längendurchschnitt und in *b* den Grundrifs vom untern Ende der geneigten Ebne mit einem Theil des Untercanals. Auch bemerkt man, dafs bei *A* die Neigung von 1 : 24 in diejenige von 1 : 12 übergeht. Der mit dem Schiffe belastete, aufwärts fahrende Wagen befindet sich schon an der letztern, die sich bis zum Scheitel fortsetzt.

Die Seilleitung ist bis in den Untercanal herabgeführt. Beide Seile liegen auch hier eben so weit, wie die Mittellinien beider Geleise, nämlich 17 Fuſs von einander entfernt und legen sich in gleichem Abstande nahe über der Canal-Sohle in die Rillen zweier aufrecht stehenden, 12 Fuſs im Durchmesser haltenden Räder, und indem sie von diesen vertical aufwärts steigen, vereinigen sie sich über dem dritten, 17 Fuſs im Durchmesser haltenden Rade, welches Fig. 387 von der Seite zeigt. Das Mauerwerk, welches diese drei Räder trägt, steht mitten im Canal und die Schiffe können es von beiden Seiten umfahren, indem der Canal auch hier angemessen verbreitet ist. Damit aber die vorübergehenden Schiffe nicht gegen die Mauern stoſsen, sind eben so, wie im Obercanal auch hier Pfähle eingerammt, in welche die Schiffer die Haken einsetzen dürfen.

Es ergiebt sich hieraus, wie die ganze Seilleitung von der Trommel über die geneigte Ebne fort, und zurück bis wieder zur Trommel vollständig geschlossen ist. Dieselbe muſs aber immer in der erforderlichen Spannung erhalten werden, damit beim Uebergang über den Scheitelpunkt nicht etwa ein Wagen frei herabläuft, und indem er plötzlich vom Seil zurückgehalten wird, dieses zerreiſst. Um dieses zu verhindern, vermitteln starke Backen-Kluppen, welche die Seile umfassen, ihre Verbindung mit den Wagen.

Die Mitte der geneigten Ebne ist genau markirt. Auf diese stellt man beide Wagen, und unter demjenigen, an welchem die Befestigung regulirt werden soll, werden beide Kluppen geöffnet und die Enden beider Seile durch einen Flaschenzug möglichst scharf gegen einander gezogen, worauf man die Kluppen schlieſst. Wenn neue Seile eingeschoren sind, die vorher auf das Dreifache der stärksten möglichen Spannung geprüft worden, pflegt das erwähnte Nachziehn mehrmals nöthig zu werden, während es später selten erforderlich ist.

Die Drahtseile werden aus der Fabrik von Felten et Guillaume in Cöln bezogen. Die Zugseile haben nach Maaſsgabe der geneigten Ebnen verschiedne Längen. Sie bestehn aus 7 Strehnen, deren jede aus 7 Drähten No 9 zusammengewunden ist. Der Schlag darf in ihnen nicht zu kurz sein, weil sich sonst ihre Länge zu sehr verändert. Die Nachmessung ergab, daſs die Länge des

Schlages, oder die Länge einer Windung der Strehnen 13,5 bis 14 Zoll war. Der Umfang des Seils mifst 4 Zoll 4 Linien; und der laufende Fufs wiegt 3,14 Pfund.

Beim Hinterseil, aus Drähten No. 11 bestehend, hatte der Schlag die Länge von 9,5 Zoll. Der Umfang mifst 3 Zoll 9 Linien und der laufende Fufs wiegt 2,05 Pfund.

Für die Schienen war dasselbe Profil gewählt, welches bereits für die Ostbahn angenommen war, und das sich aus Fig. 390 ergiebt. Der laufende Fufs der Schienen wiegt 22 Pfund. Im Hauptgeleise sind sie, wie dieselbe Figur zeigt, auf eichene Langschwellen genagelt, die in Abständen von 3,5 Fufs auf Querschwellen ruhn.

Von dieser Construction geht man indessen in neuerer Zeit nach und nach ab, da einestheils die eichenen Langschwellen, wie auch die darunter befindlichen Querschwellen keine lange Dauer haben und namentlich die Erneuung der erstern sehr kostbar wird, andrerseits aber auch die Schienen auf dieselben nicht hinreichend sicher befestigt werden können und daher Entgleisungen namentlich bei starken Seitenwinden nicht ungewöhnlich waren.

Steenke versuchte daher die Schwellen durch abgestumpfte vierseitige Pyramiden aus Béton zu ersetzen. Fig. 388 zeigt dieselben *a* in der Ansicht von oben und *b* im Durchschnitt. Wenn die abgestumpften Kanten für voll gerechnet werden, bilden ihre Querschnitte Quadrate, deren Seiten unten 20 und oben 26 Zoll messen, während sie 20 Zoll hoch sind, und nahe 6 Cubikfufs enthalten. Um die Schienen darauf zu befestigen, sind Dübel von Kiefernholz in die Form gestellt, worin die Bétonblöcke gebildet werden. Diese Dübel sind nach dem Erhärten der Masse sehr fest eingespannt, und die Nägel haften darin durchaus sicher. Die Blöcke werden, wie die Figur zeigt, nach der Richtung der Diagonalen an einander gereiht, und zwar so, dafs der lichte Abstand von je zweien meist 15 Zoll, bei weniger festem Boden aber weniger und sogar nur 8 Zoll mifst.

Die Wagen haben das Gewicht von etwa 500, auf der Buchwalder Ebne von 520 Centnern, die Schiffe leer wiegen 160 Centner und die Ladungen derselben bis 1400 Centner. Die Brutto-Last eines Wagens steigert sich also bis 2000 und sogar 2400 Centner. Jedes der acht Räder ist alsdann mit 275 Centner be-

lastet. Die eisernen Reifen derselben brachen nach wenigen Wochen, und mufsten sogleich durch stählerne ersetzt werden, die indessen auch kaum die erforderliche Festigkeit haben und schneller als jeder andre Theil des Betriebs-Materials abgängig werden.

Aehnlich verhält es sich mit den Schienen, die, wie erwähnt, Schienen der Ostbahn sein sollten. Das Profil derselben mufste auch unverändert beibehalten werden, obwohl die Rundung ihres Kopfes den cylindrisch geformten Radreifen nicht entsprach, und wegen der geringen Breite der Berührungsfläche, die Abnutzung der Schienen und Reifen verstärkt wurde. Dieser Uebelstand liefs sich nicht beseitigen, da die Kosten zu grofs geworden wären, wenn bei der geringen Ausdehnung der Ebnen besondre Walzen zur Fabrikation der Schienen erforderlich gewesen wären. Dagegen ist man in neuester Zeit mit gutem Erfolg zu Gufsstahl-Schienen übergegangen.

Sobald die Bahn unter den Wasserspiegel tritt, liegen die Schwellen, auf welche die Schienen befestigt sind, auf eingerammten Pfählen. Die daneben befindlichen Seitenschienen, auf welche die Räder mit den andern Reifen auflaufen, sind dagegen auf gufseiserne Stühle gelegt, die Fig. 390 *a* und *b* von zwei Seiten zeigen. Man hat diesen Stühlen vier verschiedene Höhen gegeben, um die Seitenschienen nach und nach in angemefsner Weise über das Hauptgeleise zu erhöhen. Damit diese aber in den Zwischenräumen nicht durchbiegen, sind sie dadurch verstärkt, dafs man andre Schienen von derselben Form darunter gelegt, und die breiten Basen beider gegen einander verniethet hat.

Endlich wäre in Betreff der Schienen noch zu erwähnen, dafs dieselben am Fufs beider geneigten Ebnen aufgebogen sind, damit die Wagen nicht über das Geleise hinaus laufen. Doch gehn die Wagen beim regelmäfsigen Betriebe niemals soweit herab, der Maschinenmeister, der die Stellen, wo die Wagen sich befinden, an den Marken der Trommel und des Seils jederzeit genau kennt, unterbricht die Bewegung immer schon früher, sobald die Schiffe aus den Wagen aufschwimmen.

Die Wagen, welche Fig. 389 auf Taf. LVII *a* in der Ansicht von der Seite und im Längendurchschnitt, *b* in der Ansicht von oben mit und ohne Schiff und *c* von vorn zeigen, sind ganz aus Eisen construirt. Eine Ausnahme hiervon machen nur die hölzer-

nen Bohlen, also der Boden, auf welchen das Schiff sich aufstellt, und die Laufbrücke. Der Boden bildet indessen keine vollständige Ebne, vielmehr ist er in der Längenrichtung ein wenig gekrümmt, übereinstimmend mit der Form, welche die Schiffe beim Durchsacken anzunehmen pflegen.

Der Wagen ruht, wie ein achträdriger Eisenbahnwagen, auf zwei Gestellen, deren jedes vier Räder hat. Die Gestelle sind jedoch mit keiner Drehscheibe versehn, vielmehr tragen sie je eine starke horizontale Achse, worauf der Oberwagen ruht. Bei dieser Einrichtung kann der Wagen über den Scheitel der geneigten Ebne hinübergehn, ohne dafs die Räder die Schienen verlassen, und die Vertheilung der Last auf dieselben wesentlich geändert wird. Die Vorder- und Hinterräder in jedem Gestell tragen hochkantige eiserne Träger, in welche ihre Achsen eingreifen. Die beiderseitigen Trägerpaare waren indessen ursprünglich nicht mit einander verbunden, und es zeigte sich der Uebelstand, dafs sie nicht immer parallel blieben, wodurch Entgleisungen veranlafst wurden. In neuerer Zeit hat man Querstangen an den Enden beider Trägerpaare hindurchgezogen und dieselben durch Schrauben befestigt.

Die erwähnten beiden Hauptachsen, welche den Oberwagen mit den Gestellen verbinden, sind 29 Fufs von einander entfernt, soll daher der Wagen, während die Bahn im Verhältnifs von 1 zu 24 geneigt ist, die horizontale Richtung annehmen, so mufs die dem Scheitel der Ebne zugekehrte Achse um $\frac{29}{24}$ Fufs oder um 14,5 Zoll tiefer liegen, als die andre. Zu diesem Zweck sind die Nebenschienen, wie bereits erwähnt, zuerst auf eine Länge von 29 Fufs horizontal geführt worden, und alsdann fallen sie mit derselben Neigung, wie das Hauptgeleise ab, oder liegen 14,5 Zoll höher, als dieses. Von den Rädern, deren eines Fig. 390*a* dargestellt ist, war schon oben die Rede.

Der Wagen trägt an jeder Seite einen starken eisernen Träger, an welchen hochkantige doppelt *T* förmige Querschienen befestigt sind. Auf letztern liegen die Bohlen auf, worauf das Schiff gestellt wird.

Ueber die erwähnten Träger erhebt sich an jeder Seite des Wagens eine leichte Laufbrücke, die auswärts mit einfachem Geländer versehn ist. Hier tritt auch die Achse einer Bremse vor, welche auf alle acht Räder des Wagens wirkt. Aufserdem befinden

sich daselbst die zwei eisernen Krahne, woran der Handkahn gehängt wird. Endlich wäre noch zu erwähnen, dafs sowohl das Zugseil, wie das Hinterseil, an den Oberwagen und zwar neben den Hauptachsen befestigt sind.

Die specielle Beschreibung der Maschinen, welche die Wagen auf die Scheitel der geneigten Ebnen heraufziehn, und sie von hier sicher herablassen, gehört nicht hieher, und es wird genügen, ihre Anordnung im Allgemeinen anzudeuten.

Eine gufseiserne Röhrenleitung, 3 Fufs im Durchmesser haltend, führt das Oberwasser in das Maschinengebäude und zwar in einen eisernen Trog, dessen Boden etwas höher liegt, als die Achse des grofsen Wasserrades. Letzteres besteht wieder ganz aus Eisen, hält 27 Fufs im Durchmesser und ist 12 Fufs breit. An seinem Umfange befinden sich 60 Zellen, die mit Wasser gefüllt werden und das Rad in Betrieb setzen, sobald der Maschinist mittelst einer Kurbel das Schütz am Troge senkt. Zuvor mufs aber das Ventil geöffnet sein, welches die Verbindung zwischen dem Oberwasser und dem Troge darstellt.

An die Stirn des Wasserrades ist ein gezahnter Kranz angeschroben, dessen Zähne nach innen, also gegen die Drehungs-Achse gekehrt sind. In diese greift ein Getriebe ein, welches bei seinem geringen Durchmesser von 4 Fufs vergleichungsweise zum Wasserrade eine sehr grofse Umdrehungs-Geschwindigkeit annimmt. Diese mufste bedeutend vermindert werden, da die Trommel, um welche die Drahtseile sich aufwinden, nur eine geringe Geschwindigkeit annehmen durfte. Zu diesem Zweck war eine zweimalige Uebertragung durch Rad und Getriebe erforderlich, und dadurch ist die Geschwindigkeit im Umfange der Trommel, also auch die der Wagen, auf den fünften Theil der Umfangs-Geschwindigkeit des Wasserrades zurückgeführt.

Indem abwechselnd das eine und das andre Seil angezogen wird, die beide in entgegengesetzter Richtung auf die Trommel gewunden sind, und dem Wasserrade nicht die entgegengesetzte Drehung gegeben werden konnte, so mufste in der Anordnung der Getriebe eine solche Umsetzung vorgesehn werden. Dieses ist dadurch erreicht, dafs das Getriebe, welches in das Stirnrad der Trommel eingreift, aus diesem ausgerückt, und dafür ein andres an derselben Achse befindliches mit einem Zwischenrade von

gleicher Gröfse in Verbindung gesetzt werden kann, das mit derselben Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung die Trommel umdreht.

Letztere, aus Gufseisen bestehend, hält 12 Fufs im Durchmesser und ist der Länge der betreffenden geneigten Ebnen entsprechend 7 bis 8½ Fufs lang. Ihr Mantel ist mit einer schraubenartig gewundenen Rille versehn, in welche beide Seile sich regelmäfsig einlegen. Das eine Seil ist an dem einen, das andre an dem andren Ende der Trommel befestigt, und wenn eins sich ganz aufgewunden hat, so hat das andre bis auf sein äufseres Ende die Trommel verlassen. Beide Seile winden sich daher keineswegs immer an derselben Stelle auf und ab, sie rücken vielmehr abwechselnd von einer Seite zur andern und treffen daher auch nicht normal gegen die Achsen der Scheiben, welche sie auf die geneigten Ebnen führen. Dieser Umstand ist indessen ohne wesentlichen Nachtheil, da die Maschinengebäude hinreichend weit von diesen Scheiben entfernt sind, und sonach der seitliche Ausschlag der Seile äufsersten Falls nur 2 Grade mifst. Damit aber die Seile sich nicht gegenseitig berühren, sind die Leitscheiben, wie Fig. 385 *b* zeigt, etwas versetzt.

Die Betriebskraft kann nach Bedürfnifs verstärkt und gemäfsigt werden, jenachdem das Schütz tiefer gesenkt oder gehoben, und dadurch die dem Rade zufliefsende Wassermasse vergröfsert oder verringert wird. Im Anfange der Bewegung, wenn beide Wagen mit den darauf stehenden Schiffen ansteigen, ist die gröfste Kraft erforderlich, dieselbe darf aber wesentlich geschwächt werden, wenn der aus dem Oberwasser kommende Wagen den Scheitel überschritten hat, und nunmehr vielleicht ein beladnes Schiff die Ebne ersteigt, während nur ein leeres oder gar keins herabgeht. Wenn aber vollends das beladne Schiff herabgeht, und ein leeres oder der Wagen allein heraufkommt, so bildet jenes schon ein starkes Uebergewicht. Es ist alsdann nicht nur gar keine Betriebskraft erforderlich, sondern der Maschinist mufs zu der Bremse greifen, welche eine auf der Achse des ersten Getriebes (das in die Zähne des Wasserrades eingreift) befindliche Scheibe umspannt.

Die ganze Anordnung, die vom Director der Dirschauer Maschinenbau-Anstalt Krüger entworfen und ausgeführt wurde, und seit der Eröffnung des Betriebes auf allen vier Ebnen sich voll-

ständig bewährt hat, ist in der Art getroffen, dafs der Maschinist ohne seinen Stand wesentlich zu verändern und ohne fremde Hülfe die Schiffe ins Oberwasser ansteigen läfst, oder sie ins Unterwasser herabführt.

Sobald die Glocke das Zeichen giebt, dafs beide Schiffe in die Wagen eingefahren und daran befestigt sind, und schon vorher durch Einrücken des letzten Getriebes die Richtung, in welcher die Trommel drehn soll, gegeben ist, so senkt der Maschinist mittelst einer Kurbel das Schütz, und mäfsigt oder sperrt vollständig den Zufluſs, sobald der eine Wagen den Scheitel passirt. Er greift aber zur Bremse, wenn die Geschwindigkeit sich vergröfsert, die er an der Bewegung der Maschine sehr sicher beurtheilen kann. Aus der Anzahl der Windungen der Seile auf der Trommel ersieht er aber auch die Stellen, an welchen beide Wagen sich befinden, und sonach ist er im Stande, die letztern jedesmal so weit herabzulassen, dafs die Schiffe aufschwimmen. Dabei mufs aber für den letzten Theil des Weges, wenn nämlich das Schiff, welches das Uebergewicht bildet, vom Wasser beinahe gehoben wird, wieder die nöthige Nachhülfe durch die Maschine gegeben werden.

Nach vorstehender Beschreibung der Einzelheiten der geneigten Ebnen ist über den Betrieb derselben wenig hinzuzufügen. Nicht selten werden zwei Schiffe, oder ein aufwärtsgehendes und ein herabkommendes Floſs gleichzeitig befördert, doch läfst man auch ein einzelnes nicht warten, wenn keins in der entgegengesetzten Richtung sichtbar ist. Beide Wagen stehn so tief unter Wasser, dafs ein Schiff oder Floſs, ohne dagegen zu stofsen, darüber fahren kann. Ist dieses geschehn, so wird es mittelst Ketten oder Tauen an die beiden Gitter befestigt, so dafs es dem Wagen folgen mufs. Auch der Handkahn wird, während er noch schwimmt, an Ketten, die von den Krahnen herabhängen, befestigt. Vom Unterwasser aus wird mittelst einer Glocke das Zeichen gegeben, dafs dieses geschehn und das Schiff zum Auffahren bereit ist. Vom Oberwasser her bedarf es keines besondern Signals, da der Wagen nicht weit entfernt ist.

Der Maschinist senkt nunmehr das Schütz am Troge und giebt der Trommel solche Geschwindigkeit, dafs diese, also auch die der Wagen in den Grenzen von 2 Fufs 6 Zoll bis 3 Fufs 3 Zoll bleibt. An der Abwindung der Seile, wie an den daran

gezeichneten Marken, kann er den jedesmaligen Stand beider Wagen richtig beurtheilen und er läfst sie so tief unter Wasser laufen, bis die Bohlen, worauf die Schiffe stehn, sich im Niveau der Sohlen der anschliefsenden Canalstrecken befinden. Alsdann schwimmen wieder sowohl die Schiffe, wie die Handkähne und beide lassen sich leicht vom Wagen lösen.

Sobald ein Wagen mit dem Schiff in Bewegung gesetzt wird, mufs der Matrose auf die Laufbrücke steigen und während der ganzen Fahrt über die geneigte Ebne neben der Bremse stehn bleiben, damit diese bei etwanigem Reifsen des Seils sogleich in Wirksamkeit gesetzt werden kann. Die Bremse ist freilich nicht so kräftig, dafs sie den Wagen mit dem beladnen Schiff auf der stärksten Neigung der Ebne zum Stillstand bringt, wohl aber vermindert sie seine Geschwindigkeit so sehr, dafs jede Gefahr verschwindet. Es ist bisher bei solchem Ereignifs auch noch nie ein namhafter Unfall eingetreten.

Die Zeit der Ueberführung eines Schiffes mit Einschlufs des Ein- und Ausfahrens in die Wagen beschränkt sich etwa auf eine Viertelstunde. Das Schiff braucht also nur ungefähr eine Stunde um die vier geneigten Ebnen zu passiren, deren Gefälle zusammen 273 Fufs beträgt. Um dieses in gewöhnlicher Art durch Schleusen zu überwinden, wären derselben mindestens drei und zwanzig nöthig gewesen, und wenn der Durchgang durch jede wieder eine Viertelstunde dauerte, so hätte die Ersteigung oder der Herabgang von solcher Höhe wenigstens sechs Stunden erfordert. Diese Ersparung an Zeit ist ein wesentlicher Vorzug der geneigten Ebnen vor den Schleusen. Ueber die Ebne bei Schönfeld, die wie erwähnt, die höchste ist, sind bereits an einzelnen Tagen drei und siebenzig Fahrten gemacht, wobei nach beiden Richtungen ein hundert und sechs und viersig Fahrzeuge hätten befördert werden können, was wohl mehr ist, als eine Kammerschleuse je geleistet hat.

Ein zweiter Vortheil ist die Ersparung von Betriebswasser. An solchem ist hier bisher noch niemals Mangel eingetreten, wenn gleich einst bei lange anhaltender Dürre der Wasserspiegel der obern Strecke sich etwas niedriger senkte, als man erwartet hatte. Sollte dieses sich vielleicht in störender Weise wiederholen, so liefse sich durch Verwendung von Dampfkraft das Betriebswasser

ganz entbehren. In den meisten Fällen und selbst im Sommer und Herbst ist solches überreichlich vorhanden, so dass man durchschnittlich etwa 10 Cubikfuſs in der Secunde für industrielle Zwecke verwenden könnte. Bei dem disponiblen groſsen Gefälle von etwa 280 Fuſs würde dieses eine sehr werthvolle Kraft darstellen, doch hat sich bisher noch nicht Gelegenheit gefunden, hiervon Gebrauch zu machen.

Der Canal dient vorzugsweise zur Abfuhr von Holz, Getreide und andern landwirthschaftlichen Produkten, so wie auch von Ziegelsteinen. Die Rückfrachten sind weniger bedeutend. Wie sehr aber die Umgebungen durch die Erleichterung des Verkehrs gewonnen haben, ergiebt sich aus der Steigerung der Preise. Beim Beginn des Baues kaufte man die Klafter Kiefernholz für 5 Silbergroschen, während sie gegenwärtig 5 Thaler kostet. Die Gutsbesitzer dortiger Gegend erkennen den Nutzen, den der Canal ihnen gebracht hat, auch vollständig an, und es mag erwähnt werden, daſs dieselben dem Baurath Steenke, als er vor Kurzem sein fünfzigjähriges Dienstjubiläum feierte, neben dem Scheitel der Buchwalder Ebne eine Pyramide aus polirtem Granit, mit einer Inschrift, die ihren Dank ausspricht, errichtet haben.

Der Canal ist kein Privatunternehmen, sondern von der Preuſsischen Regierung für 1,430,000 Thlr. ausgeführt. Die Abgaben sind so mäſsig gestellt, daſs sie keineswegs die Anlagekosten amortisiren oder verzinsen, sondern nur die Unterhaltungs- und Betriebskosten decken sollten. Doch auch hierzu hat selbst der starke Verkehr bisher nicht genügt, da die Gefälle noch nicht 10,000 Thlr. eingetragen haben, während die Betriebs- und Unterhaltungskosten mit Einschluſs der Gehalte der Beamten sich auf mehr als 20,000 Thaler stellen. Nichts desto weniger ist der Nutzen des Canals im öffentlichen Interesse unverkennbar.

§. 79.

Klapp-Schleusen.

Unter den eigenthümlichen Schiffs-Schleusen darf endlich die sogenannte Klapp-Schleuse nicht mit Stillschweigen übergangen werden, wenn dieselbe auch nur für den Durchgang kleiner Kähne

und bei sehr geringen Gefällen benutzt werden kann. Sie hat indessen vor allen andern Schiffs-Schleusen den wesentlichen Vorzug, dafs sie durch das von der einen oder der andern Seite ankommende Fahrzeug selbst geöffnet wird, und sich darauf wieder von selbst schliefst, woher die Anstellung eines Wärters ganz entbehrlich ist, auch die Kähne ohne Unterbrechung ihrer Fahrt darüber fortgehn. In der Thalfahrt geschieht dieses sogar ohne Mäfsigung der Geschwindigkeit, während bei der Bergfahrt der Zug allerdings verstärkt werden mufs, und der Durchgang langsamer, als im freien Canal geschieht.

Schleusen dieser Art findet man, soviel bekannt, nur in den Marschen ohnfern Bremen. Der Wasser-Baudirector Blohm in Bremen erbaute zuerst solche im Anfange dieses Jahrhunderts in den Niederungen der Wümme, die nach der Vereinigung mit der Hümme, Lessum heisst und oberhalb Vegesack sich in die Weser ergiefst. Die kleinen Canäle in welchen diese Schleusen lagen, dienten theils zur Entwässerung und theils zur Schiffahrt, doch gingen nur Kähne von geringen Dimensionen hindurch. Diese ersten Schleusen sind indessen vollständig verschwunden, indem bei einer andern Anordnung der Cultur-Verhältnisse die partiellen Anstauungen entbehrlich wurden.

Dagegen führte Blohm auf der rechten Seite der Wümme, also im ehemaligen Hannoverschen Gebiet, etwas später eine Anzahl solcher Schleusen aus, die auch noch im Gebrauch sind. Es existirten hier früher Stauschleusen, in welchen vor dem jedesmaligen Durchgange eines Kahns, das Schütz ausgehoben und darauf wieder eingestellt werden mufste, wodurch theils ein grofser Zeitverlust veranlafst wurde, theils aber auch bei trockner Witterung der Wasserstand sich tiefer senkte, als es für die umgebenden Wiesen vortheilhaft war.

Die Klapp-Schleusen haben keine Kammern, bestehn vielmehr nur wie Stauschleusen, aus einzelnen Häuptern. Fig. 391 auf Taf. LVII zeigt in *b* den Grundrifs und in *a* den Längendurchschnitt einer solchen. Der wichtigste Theil dabei ist die aus Latten zusammengesetzte Klappe, die in *c* in gröfserm Maafsstabe dargestellt ist. Die punktirten Linien in *a* zeigen, wie ein herabkommender Kahn die Klappe unter sich niederdrückt, und dadurch den Weg frei macht.

Die Gefälle sind sehr geringe und betragen durchschnittlich nur etwas über 6 Zoll. Das Gefälle der Freiarche bei Lilienthal war, als ich die Schleusen sah, 5 Fuſs $1\frac{1}{2}$ Zoll, und dieses vertheilte sich auf zehn Klapp-Schleusen, da die eilfte und letzte überfluthet wurde.

Der Grundbau, wie die Böden und Seitenwände sind überaus einfach construirt. An den Seitenwänden befinden sich aber zwei nach Kreisbogen zugeschnittene und durch je zwei Bolzen befestigte $1\frac{1}{2}$ Zoll starke Leisten, gegen welche die Klappen sich lehnen. Der obere Bolzen muſs sich leicht beseitigen und wieder einbringen lassen.

Die Klappen bestehn aus einer Anzahl mit einander verbundenen Latten, die einzeln beweglich sind, In den zuerst erbauten Schleusen soll man eiserne Charniere benutzt haben, welche jedoch zu kostbar waren, auch die Klappen so sehr beschwerten, daſs sie nach einiger Zeit nicht mehr aufschwammen und daher den Dienst versagten. Es wurden dafür drei lederne Riemen hindurchgezogen.

Fig. *c* zeigt den Durchschnitt durch den untern Theil der Klappe. Die Breite derselben maaſs 6 Fuſs. Sie lehnte sich an jeder Seite an die erwähnten Leisten, woher die lichte Weite der Schleuse hier nur 5 Fuſs 8 Zoll betrug. Dieses genügte für den Durchgang der Kähne, die gröſstentheils bei der Länge von 25 Fuſs noch nicht 5 Fuſs breit waren. Die Länge der Klappe in der Rundung gemessen, war 4 Fuſs 6 Zoll, und ich zählte darin 14 Latten, woher jede von diesen durchschnittlich nahe 4 Zoll breit ist. Die Stärke der Latten war verschieden, nämlich am untern Theil der Klappe $2\frac{1}{4}$ Zoll und am obern noch nicht voll 2 Zoll. Die unterste Latte war mittelst der erwähnten Riemen noch mit einer dreizölligen Bohle verbunden, welche die Figur gleichfalls zeigt.

Die Latten berührten einander mit ziemlich scharfen Kanten, in welchen auch die hindurchgezogenen Riemen sich befanden. Zu beiden Seiten waren sie abgestumpft, so daſs sie nicht nur beim Anlehnen an die Leisten die Krümmung derselben annehmen, sondern auch in ebner Fläche auf den Boden gelegt und selbst in entgegengesetzter Krümmung gebogen werden konnten, was immer geschah, sobald Kähne von einer oder der andern Seite dagegen fuhren und sie zurückdrängten.

Zur Zurichtung und Verbindung der Latten diente ein Block, dessen Oberfläche die innere Krümmung der Leisten darstellte, und auf diesem wurden nach Schablonen die Enden der Latten mit cylindrischen Flächen versehn, so dafs sie sich an jene Leisten scharf anschlossen. Alle Schleusen hatten aber gleiche Weite und waren so übereinstimmend gebaut, dafs jede Klappe für jede derselben paßte.

Wenn nach vorstehender Beschreibung jede Latte sich auch gut schliefsend an die Leiste anlehnte, so mufsten dennoch die Fugen zwischen je zwei Latten geschlossen werden, und dieses geschah durch Lederstreifen, die man an den untern Rand jeder Latte nagelte. Dieselben überdeckten die Fugen und wurden durch den Wasserdruck scharf gegengepreßt, während sie das Drehn der Latten um die Kanten nicht verhindern. Verschiedene Klappen waren zur Auswechselung vorbereitet, und sobald eine schadhaft wird, was oft genug geschehn soll, so wird sie durch eine andre ersetzt.

Das Ausheben und Einstellen der Klappen geschieht sehr schnell, und zwar gemeinhin, ohne dafs die Schleuse geschlossen werden darf. Die geringe Niveau-Differenz zwischen den beiden anliegenden Canalstrecken gleicht sich bald aus, so dafs die Durchströmung aufhört, man kann aber auch, wenn es nöthig wird, den Stau erhalten, indem man auf der obern Seite zwischen die Flügelwände eine Tafel einschiebt, die sich gegen die beiderseitigen Pfosten lehnt. Die Beseitigung des Wassers in der Schleuse ist aber entbehrlich, wenn eine andre Klappe eingestellt werden soll.

Die gekrümmten und an beide Seitenwände gebolzten Leisten haben nicht nur den Zweck, der Klappe die passende Stellung zu sichern, sondern dienen auch zur Befestigung derselben, indem sie mit ihren untern Enden die mit den Latten verbundene Bohle fest gegen die Schleusenboden drücken. Jede dieser Leisten ist durch zwei Bolzen befestigt. Sobald man den obern löst, kann sie um den untern gedreht werden, und alsdann läfst sie sich gegen das Oberwasser herabdrücken, wobei jene Bohle frei wird und herausgezogen werden kann. Nachdem eine andre Bohle mit der neuen Klappe eingeschoben ist, braucht man nur die beiden Leisten wieder aufzurichten, und die obern Bolzen, die ungefähr in der Höhe des Wasserspiegels sich befinden, einzuschrauben.

Fig. *a* zeigt, wie die obern Latten der Klappe sich niederlegen, sobald sie von dem Fahrzeuge gefafst werden. Beim Aufwärtsfahren erfolgt dieses noch leichter, indem der Kahn sie nicht nur herabdrückt, sondern sie auch vor sich hinschiebt. Der vordere Bug dieser Kähne steigt aber flach an, um bei der Thalfahrt die Latten niederzudrücken, und damit sie sich leicht unter dem Boden fortschieben, befinden sich unter letzterm zwei flache eiserne Schienen, die sich bis zur Spitze fortsetzen. Sobald die Latten nicht mehr niedergedrückt werden, schwimmen sie sogleich auf und bilden wieder die Stauwand, indem sie sich gegen die Lasten lehnen.

Das Herabfahren der Kähne geschieht sehr schnell. Sobald die obere Latte nur etwas herabgedrückt ist, bildet sich sogleich einige Strömung die das Fahrzeug erfafst. Beim Aufwärtsfahren pflegt der Mann, der sich im Kahn befindet, diesen vor der Schleuse in möglichst schnelle Bewegung zu setzen, damit er beim Gegenstofs des Wassers nicht sogleich zum Stillstande kommt. Durch starkes Abstosten mit der Stange gelingt es ihm auch gemeinhin über die Klappe fortzukommen, bevor das Wasser in der nächsten Canalstrecke in heftige Bewegung versetzt wird. Indem der Verkehr hier nur darin besteht, dafs vorzugsweise Torf, aufserdem auch wohl Milch und andre landwirthschaftliche Produkte herabgehn, die Kähne aber nur leer zurückkommen, so ist das Aufbringen derselben nicht schwer, und nur ausnahmsweise folgen sich mehrere in geringer Entfernung und die Bemannung derselben zieht gemeinschaftlich eins nach dem andern durch die Schleuse.

Es darf kaum erwähnt werden, dafs diese Klappen keinen so dichten Schlufs bilden, wie man solchen bei Stemmthoren darstellt. Der geringe Wasserverlust, der bei der bezeichneten Druckhöhe nicht bedeutend ist, darf indessen hier nicht als Uebelstand bezeichnet werden, da die Zuflüsse in dem sumpfigen Boden nie versiegen. Steigt das Wasser bei starkem Regen oder beim Schmelzen des Schnees höher an, als man es halten will, so fliefst es über die Klappen fort, und wenn man diese ganz niederdrückt und flach auf den Boden legt, indem sie beschwert werden, so ist die Oeffnung der Schleuse ganz frei und es erfolgt die ungehinderte Abströmung.

Ohne Zweifel würde der Wasserverlust und zugleich die Schwierigkeit beim Heraufgehn der Kähne sich wesentlich vermindern, wenn man in geringer Entfernung hinter einander zwei solche Klapp-Schleusen erbaute, so dafs sich dazwischen eine vollständige Schleusenkammer bildet, die sich schnell mit derjenigen Canalstrecke ins Niveau setzt, vor der die Klappe niedergedrückt wird, Geschieht dieses, so stände auch nichts im Wege etwas gröfsere Gefälle zu überwinden. Anlagen solcher Art, kommen jedoch nicht vor.

Dreizehnter Abschnitt.

Schiffahrts-Canäle.

§. 80.

Anordnung der Canäle.

Wenn Flüsse und Ströme nur den von der Natur vorgezeichneten Weg der Schiffahrt eröffnen, so läfst sich dieser durch Canäle weiter landeinwärts und sogar über die Wasserscheiden zweier Stromgebiete hinaus ausdehnen. Die Schiffsschleusen und geneigten Ebnen bieten Gelegenheit über schwächere und gröfsere Erhebungen des Bodens und über Bergrücken die schiffbaren Verbindungen darzustellen. Dieses ist in England und Frankreich und in Nord-America vielfach in grofsem Maafsstabe geschehn, auch in Deutschland giebt es Canäle, die beispielsweise von der Elbe nach der Oder, von dieser nach der Weichsel und Nogat und durch Vermittelung des frischen Haffes in den Memel-Strom, also bis nach Rufsland führen.

Viele Canäle haben dagegen nur den Zweck, die Schiffahrt auf oder neben solchen Flüssen zu ermöglichen, die von der Natur dazu nicht geeignet waren, oder deren Beschaffenheit dem weitern Aufgange der Fahrzeuge eine Grenze setzte. Andre Canäle dienen ausschliefslich zur Abfuhr gewisser in grofser Masse gewonnener Produkte, wie namentlich der Steinkohlen und Erze.

In neuerer Zeit sind die Eisenbahnen mit den Canälen in lebhafte Concurrenz getreten, und vielfach macht sich die Ansicht geltend, dafs jene den Verkehr auf diesen ganz unterdrücken möchten. Wenn die Erfahrung bisher auch noch keineswegs dafür gesprochen hat, so verdient die Frage doch nähere Erwägung.

Auf den Eisenbahnen erfolgen die Transporte viel schneller, als auf Canälen, auch finden bei vorsichtiger Verwaltung niemals, oder doch nur auf wenig Stunden Unterbrechungen statt, während die

Eisdecken in unserm Klima die Canäle regelmäfsig auf mehrere Monate unbrauchbar machen. Der wesentlichste Punkt in dieser Concurrenz ist indessen wohl der Umstand, dafs die Gesellschaft welche eine Eisenbahn baut, zugleich den Verkehr auf derselben übernimmt, also alleiniger Fuhrherr wird. Das grofse Betriebsmaterial, welches sie braucht, darf nicht lange unbenutzt bleiben, und wenn die vortheilhafteste Verwendung desselben grofsen Gewinn bringt, so hat sie Gelegenheit auch aus einer wenig einträglichen Benutzung noch Gewinn zu ziehn. Der Ueberschufs des Ertrages über die Selbstkosten mag bei manchen Zügen nur sehr geringe sein, aber derselbe ist dennoch nicht zurückzuweisen, insofern alle Erfordernisse des Betriebes vorhanden sind, und sonach die Selbstkosten nicht im ganzen Betrage, sondern nur in dem Ueberschufs den diese Verwendung verursacht, in Rechnung gestellt werden. Hierdurch erklären sich die überaus billigen Transport-Preise für manche Güter auf Eisenbahnen. Vielleicht tritt hin und wieder auch die Absicht hinzu, ohne allen Vortheil, sogar mit Schaden, die Transporte zu übernehmen, um zunächst die Concurrenz ganz zu unterdrücken, sobald dieses aber erreicht ist, durch Steigerung der Preise diese Verluste zu decken.

Die Frachtsätze sowohl auf Flüssen, als auf Canälen stellen sich ihrer Natur nach im Allgemeinen wegen der niedrigern Betriebskosten geringer als auf Eisenbahnen. Die langsamere Förderung ist für manche Güter und namentlich für Rohprodukte, wenn nicht etwa ein unvorhergesehener Bedarf eintritt, kein Uebelstand, und selbst diesem läfst sich in gewisser Beziehung entgegentreten.

Auf manchen Canälen in England sind Eilböte eingerichtet, die nur zur Förderung von Reisenden dienen und die deutsche Meile in einer halben Stunde zurücklegen. Sie sind 70 Fufs lang 5,5 Fufs breit und fassen etwa 60 Personen. Sie werden durch drei Pferde gezogen, die jedesmal nach kurzen Strecken durch andre ersetzt werden, aber in vollem Galopp den Weg zurücklegen. Vorn sind zwei Pferde angespannt, auf dem folgenden dritten sitzt der Führer. Sie sind also ähnlich, wie vierspännig gestellt, nur fehlt das Handpferd, weil die Zugleine schräg abgeht. Diese ist am Boot an einen Haken befestigt, der bei dem geringsten Druck sich öffnet, und sie auslaufen läfst. Die Vorsicht ist dringend nöthig, um ein Umschlagen des Bootes zu verhindern, wenn es bei Unachtsamkeit

des Steuermanns vielleicht sich seitwärts wenden und überscheeren sollte. An Bequemlichkeit steht diese Art des Reisens keiner andern nach, übertrifft vielmehr wohl jede. Man fühlt keine, auch nicht die leiseste Erschütterung und bemerkt die Bewegung nur an dem schnellen Vorübergange der Gegenstände auf den Ufern. Der gröfste Theil der Reisenden pflegt auch sogleich einzuschlafen.

Die Benutzung von Dampfböten auf Canälen war früher ziemlich allgemein verboten, weil man zu grofse Beschädigungen der Ufer besorgte. Diese Besorgnifs ist allerdings nicht unbegründet, aber das Verbot läfst sich nicht aufrecht erhalten, wenn man den Verkehr auf den Canälen nicht zu sehr beschränken will. Man mufs also für gehörige Befestigung der Ufer sorgen, oder wenn diese einbrechen, sie sicherer als früher decken. Es ist aber schon § 57 erwähnt, dafs es ziemlich gleichgültig ist, ob das Boot durch Räder oder Schrauben bewegt wird, die Welle, welche die Ufer beschädigt, rührt vorzugsweise vom Buge des Bootes her, ihre Höhe wird also durch die Geschwindigkeit und die Gröfse des Querschnitts bedingt. Selbst ein Reactions-Boot, in welchem das umgebende Wasser gar nicht fortgestofsen wird, erregte heftige Wellen, als es einst durch den Canal bei Berlin ging.

Dafs die Warpschiffahrt auch auf Canälen Anwendung findet, ist gleichfalls bereits erwähnt. Wenn aber eine Warpkette ausgelegt wird, so wird dadurch der freie Verkehr mehr oder weniger beschränkt und der Betrieb der Schiffahrt geht grofsentheils auf die Gesellschaft über, welche die Kette ausgelegt hat. Bei der gleichmäfsigen Tiefe eines Canals dürfte dagegen die Anwendung von kurzen geschlofsnen Ketten, oder Ketten ohne Ende sich hier vorzugsweise empfehlen, die auch kein Monopol bedingen.

Der wesentliche Vorzug eines Canals vor einer Eisenbahn beruht darauf, dafs er eine dem freien Verkehr eröffnete Strafse bildet, die ein Jeder für die festgesetzten Gebühren und nach den sonstigen Vorschriften mit seinem eignen Schiffe befahren darf.

Dafs nichts desto weniger die Transporte selbst von Rohproducten von den Canälen auf die Eisenbahnen zum Theil übergegangen sind, leidet keinen Zweifel. Lamarle theilt darüber die wichtige Notiz mit*), wie in dieser Beziehung das Verhältnifs der

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1859. *II.* pag. 330.

auf Canälen und Eisenbahnen aus Belgien nach Frankreich übergeführten Steinkohlen in wenig Jahren sich verändert hat. Diese Verhältnifszahlen sind

	auf Canälen	auf Eisenbahnen
1852:	0,92	0,08
1854:	0,80	0,20
1856:	0,75	0,25
1858:	0,52	0,48

Derselbe bemerkt dabei, dafs wohl die unpassende Einrichtung der zum Theil sehr alten Canäle hierzu Veranlassung gegegeben hat.

Beim Entwerfen eines Canal-Projectes ist vorzugsweise zu untersuchen, ob das erforderliche Speisewasser für denselben unter allen Verhältnissen beschafft werden kann. Irrungen sind in dieser Beziehung sehr häufig vorgekommen, oder haben sich im Lauf der Zeit herausgestellt. Die fortschreitende Cultivirung des Bodens und besonders die Trockenlegung sumpfiger Flächen, wie auch das Ausroden ausgedehnter Waldungen und Gebüsche tragen wesentlich dazu bei, die ursprünglich vorhandenen Quellen in trockner Jahreszeit zu schwächen oder ganz versiegen zu machen*). Manche Canäle, die unmittelbar nach ihrer Anlage hinreichend gespeist wurden, sind gegenwärtig bei anhaltender Dürre nicht mehr zu befahren. Man hat daher, wie in England mehrfach geschehn, zu ihrer Speisung kräftige Pumpen erbaut, die durch Dampf betrieben werden. Auch für den Canal, der die Sambre mit der Oise verbindet, sah man sich gezwungen, nachträglich nicht nur mehrere Dampfmaschinen aufzustellen, welche das Wasser auf die Scheitelstrecke pumpten, sondern man richtete auch Reservoire ein, die im Frühjahr und bei starkem Regen sich füllten und deren Inhalt später nach Bedürfnifs wieder dem Canal zugeführt wird.

Häufig ist die vorhergehende Untersuchung aber auch nicht vollständig. Besonders in neuerer Zeit tritt die Absicht, einen Canal, wie eine Eisenbahn, zu erbauen, plötzlich auf, und die Ausführung soll sogleich begonnen werden. Die zur Speisung zu benutzenden Quellen kann man zwar leicht messen, aber die so ge-

*) Vergl. Theil I. § 1 dieses Handbuches.

fundenen Resultate sind nicht maafsgebend, wenn die Witterungs-Verhältnisse sich ändern und eine ungewöhnliche Dürre eintritt. Darf letztere nicht abgewartet werden, so ist es noch am sichersten, aus der Ausdehnung und Beschaffenheit des Quellengebiets auf die geringste Ergiebigkeit der Zuflüsse zu schliefsen*).

Bei manchen Canal-Anlagen sind die erwähnten Untersuchungen entbehrlich, nämlich wenn aus gröfsern Flüssen oder selbst aus Strömen das Speisewasser entnommen wird. Dieses geschieht, wenn die Canäle zur Seite eines nicht schiffbaren Flusses geführt werden, oder vielleicht nur natürliche oder künstliche Hemmnisse der Schiffahrt an einzelnen Stellen umgehn. Zuweilen verbindet auch ein Canal zwei Stromgebiete, ohne eine dazwischen liegende Höhe zu übersteigen, indem er von dem einen Strom zum andern abfällt. Dieses ist zum Beispiel der Fall beim Plauenschen Canal, der von der Elbe nach der Havel führt, und durch erstere gespeist wird. Doch traten auch hier zu Zeiten wesentliche Störungen ein, indem der Wasserspiegel der Elbe in trockner Jahreszeit so tief sank, dafs die Schiffe die nächste Strecke nicht befahren konnten. Es mufste daher dieser Canal durch den sogenannten Ihle-Canal verlängert und zur Seite der Elbe so weit aufwärts geführt werden, dafs der erforderliche Wasserstand sicher stets gehalten werden kann.

Wo Scheitelstrecken vorkommen, die nach beiden Seiten abfallen, darf die in Rede stehende Frage nie unbeachtet bleiben. Je tiefer man die Scheitelstrecke verlegt, um so reichhaltiger werden die Zuflüsse. Wenn aber die Bergrücken oder die zwischen zwei Stromgebieten liegenden Höhenzüge nicht hinreichend tiefe Einsenkungen haben, so bleibt nur übrig, für die Canäle sehr tiefe, also sehr kostbare Einschnitte zu machen, oder vielleicht zu unterirdischen Strecken sich zu entschliefsen. Letzteres ist in England und Frankreich vielfach geschehn, aber nicht nur die Ausführung solcher ist sehr kostbar, sondern auch der Verkehr auf denselben wird bei längern Strecken höchst beschwerlich und der Leinenzug durch Pferde sogar unmöglich. Dieses soll später durch die am Canal von Saint-Quentin gemachten Erfahrungen nachgewiesen werden.

Wie grofs der Bedarf an Wasser bei einem neu anzulegenden

*) Theil I. § 6 und § 26.

Canal sein wird, ist schwer zu ermitteln. Am sichersten läfst sich noch der Verbrauch zum Füllen der Schleusen feststellen, doch mufs man zu diesem Zweck schon wissen, wie grofs die Anzahl der durchgehenden Schiffe ist, und ob dieselben in gleicher oder entgegengesetzter Richtung sich folgen. Welche Wassermengen durch Filtration und Verdunstung in trockner Zeit verloren gehn, hängt freilich von der Beschaffenheit des Grundes, von der Höhe des Spiegels des Canals über dem Grundwasser, und von seiner mehr oder minder freien Lage ab, doch wird man hierüber nicht leicht ein ganz sicheres Urtheil sich bilden können.

Es ergiebt sich schon aus Vorstehendem, dafs es vorzugsweise darauf ankommt, der Scheitelstrecke die nöthigen Zuflüsse zuzuweisen. Die folgenden Strecken werden theils durch diese gespeist, und theils bietet sich auch leichter Gelegenheit, denselben noch andre Quellen zuzuweisen. Aus diesem Grunde wird man bemüht sein müssen, dem Canal nur eine Scheitelstrecke zu geben, und von dieser, die nicht umgangen werden kann, ihn stätig nach beiden Seiten bis zu den Strömen, welche er verbindet, abfallen zu lassen.

Zuweilen leitet man die Quellen und Bäche, die das Speisewasser liefern, unmittelbar in den Canal, häufig ist dieses aber nicht thunlich und alsdann mufs man Zuleitungs-Canäle oder sogenannte Rigolen anlegen, die oft mehrere Meilen lang sind.

Indem die Reichhaltigkeit der Bäche nach den Jahreszeiten sehr verschieden und namentlich im Frühjahr gröfser als das Bedürfnifs ist, so hat man vielfach Reservoire oder Sammel-Bassins von bedeutender Ausdehnung angelegt, in welchen dieser Ueberschufs aufgenommen und später, so bald es nöthig, zur Füllung des Canals verwendet wird. Obwohl diese Fürsorge, wo es leicht geschehn kann, gewifs zu empfehlen ist, so sind die dabei angesammelten Wassermengen doch meist zu geringe, als dafs sie während längerer Zeit dem Bedürfnifs entsprechen könnten.

Von den sonstigen Einrichtungen und Anlagen, die bei Schiffahrts-Canälen vorkommen, ist im Allgemeinen wenig zu sagen.

Für die nöthige Wassertiefe, den darauf gehenden Schiffen entsprechend, mufs gesorgt werden. Man bestimmt schon bei Anlage eines Canals den Wasserstand, der in jeder von zwei Schleusen begrenzten Strecke dauernd gehalten werden soll, und hiervon

ist die Höhenlage der Sohle, oder die Tiefe der Ausgrabung abhängig. Die Füllung jeder solcher Strecke und zwar aus der nächst oberhalb belegenen ist leicht möglich, wenn es der obersten oder der Scheitelstrecke nicht an Wasser fehlt.

Bei besonders starken Niederschlägen, oder beim plötzlichen Schmelzen grofser Schneemassen können aber Ueberfüllungen einzelner Strecken eintreten, in welchem Fall nicht nur für die Ableitung gesorgt, sondern auch darauf Rücksicht genommen werden mufs, dafs möglicher Weise die betreffenden Schütze nicht schnell genug geöffnet werden und alsdann das Wasser bis zur Krone der Canaldämme ansteigt und diese überströmt, wobei die Dämme zerstört werden und die ganze im Canal enthaltene Wassermasse abfliefst. In solchem Falle treten nicht nur die äufsersten Verwüstungen der betroffenen Bodenfläche ein, sondern der Canal wird auch auf grofse Länge entleert. Um diesen möglichen Uebelständen zu begegnen oder sie auf das geringste Maafs zu beschränken, werden theils sehr kräftige Ableitungen vorgerichtet, die von selbst in Thätigkeit treten, sobald der Wasserspiegel eine gewisse Höhe erreicht (hiervon war bereits im ersten Theile dieses Handbuchs § 19 die Rede), theils aber erbaut man auch sogenannte Sicherheitsthore, die sich von selbst schliefsen, wenn eine merkliche Strömung im Canal sich bildet, und die alsdann das dahinter befindliche Wasser zurückhalten.

Die Breite des Canals wird gewöhnlich nur so grofs angenommen, dafs zwei beladne Schiffe bequem an einander vorbeifahren können. An solchen Stellen aber, wo Schiffe anlegen, genügt dieses Maafs nicht. Auch mufs hin und wieder Gelegenheit zum Drehn der Schiffe gegeben werden.

Die Anlage von Leinpfaden und zwar für Pferde und wo möglich auf beiden Seiten des Canals erleichtert wesentlich den Verkehr und wird in England und Frankreich meist als dringend nöthig angesehn.

Bei Auswahl der Linie wird man die durch den Canal zu verbindenden Punkte, soweit es geschehn kann, ohne zu grofse Umwege zu erreichen suchen, während man tiefe Einschnitte und noch mehr grofse Erhebungen über das umgebende Terrain vermeidet.

Bei Aufstellung eines Canal-Projects ist vorzugsweise der darauf zu erwartende Verkehr zu berücksichtigen, also die Anzahl der

Schiffe, die Richtung der Frachten, die Zwischenpunkte, in welchen der Verkehr zum Theil abbricht oder sich verändert und dergleichen. In Bezug auf Wasserbedarf, Transportzeit und sonstige Erleichterung der Schiffahrt ist die Länge der Canalhaltungen und besonders die Anordnung der Schleusen, deren Gefälle, Weite, ob nämlich ein oder zwei Schiffe darin aufgenommen werden, ferner ob einfache oder gekuppelte Schleusen zu erbauen sind, von überwiegendem Einfluſs. Im Folgenden wird hierauf hingewiesen werden, sehr ausführlich sind diese Beziehungen von M. Comoy behandelt*). Derselbe macht aber auch darauf aufmerksam, daſs man vorzugsweise die Zeiten des stärksten Verkehrs berücksichtigen muſs, der keineswegs im ganzen Jahr derselbe bleibt. Nach dreijährigem Durchschnitt, 1843 bis 1845, vertheilte sich auf dem Canal du Centre der Verkehr auf die verschiedenen Monate in folgender Art:

Januar	0,052
Februar	0,047
Märs	0,104
April	0,131
Mai	0,137
Juni	0,125
Juli	0,106
August	0,000
September . . .	0,018
October	0,106
November . . .	0,107
December . . .	0,067
	1,000

Während Juli, August und September fand die Sperre statt, die 60 bis 80 Tage anhielt, woher im Monat August der Verkehr vollständig unterbrochen war.

---

*) *Principes généraux, d'après lesquelles on doit disposer les ouvrages des canaux au point de vue de leur frequentation.* In den *Annales des ponts et chaussées.* 1849. I. pag. 1.

§ 81.

Wasserbedarf der Canäle.

Das Wasser, welches die einzelnen Canalstrecken füllt, erhält sich darin nicht dauernd, sondern wird sowohl beim Durchgange der Schiffe durch die Schleusen, als auch durch die Einwirkung des Bodens und der Atmosphäre vermindert. Wenn der Canal über eine Wasserscheide geführt werden soll, wo nur mäfsige Quellen zu seiner Speisung benutzt werden können, so ist es dringend nöthig, sich schon vorher davon zu überzeugen, dafs diese zur Erhaltung des erforderlichen Wasserstandes genügen. Sollte dieses bei demjenigen Entwurfe nicht der Fall sein, welcher den sonstigen Terrain-Verhältnissen am meisten entspricht, so mufs man eine andre Linie und andre Höhenlagen der einzelnen Strecken aufsuchen. Bei einer neuen Anlage mufs man auch die Cultur-Verhältnisse und deren mögliche Veränderungen, die vielleicht durch den Canal selbst veranlafst werden, nicht unbeachtet lassen.

Man beruhigt sich allerdings zuweilen, wenn man sieht, dafs ein Canal nicht dauernd gespeist werden kann, mit der Erwägung, dafs eine Unterbrechung der Schiffahrt zur Ausführung der nothwendigen Reparaturen doch nicht zu umgehn ist, und gerade die Zeit der gröfsten Dürre sich hierzu am meisten eignet. Dagegen wäre aber zu erinnern, dafs solche Reparaturen, welche eine Sperrung von mehreren Wochen erfordern, bei gehöriger Vorbereitung sich nicht in jedem Jahr wiederholen, und dafs man aufserdem die Zeit des gröfsten Wassermangels nicht bestimmt vorhersehn kann. Solche Schiffahrts-Sperren mufs man, um sie weniger störend zu machen, dem Publicum schon lange vorher anzeigen, und es ereignet sich alsdann leicht, dafs schon früher wegen Wassermangel die Schiffahrt unterbrochen war, oder dafs derselbe auch später noch nicht gehoben ist. Hierzu kommt noch der ungünstige Umstand, dafs die gröfste und anhaltendste Dürre gemeinhin in die Zeit nach der Ernte fällt, also in diejenigen Monate, wo die Schiffahrt am lebhaftesten zu sein pflegt.

Bei einigen wenigen Canälen tritt ein entgegengesetztes Bedürfnifs ein, indem nicht sowohl die Zuführung, als die Ablei-

tung des Wassers Schwierigkeiten verursacht. Dieses geschieht indessen nur in eingedeichten und tief liegenden Niederungen, die eines natürlichen Abflusses entbehren. Ein Beispiel davon ist der Nordholländische Canal, der die Anlage von besondern Schöpfmühlen erforderte, um das durch die Schleusen zugeführte Wasser wieder zu entfernen.

Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, dafs dem Wassermangel vorgebeugt sei, mufs man das Bedürfnifs kennen, und es entsteht daher zunächst die Frage, welche Wassermenge einem Schiffahrts-Canal zugeführt werden mufs, damit er stets hinreichend gefüllt bleibt. Der Wasserverlust wird durch verschiedene Ursachen veranlafst, die hier näher erörtert werden sollen, wenn sich ihr Einfluſs auch nicht ganz sicher angeben läfst.

Zunächst wäre die Verdunstung zu nennen, die auf der ganzen Oberfläche des Canals eintritt. Der Werth derselben läfst sich nach den früheren Mittheilungen (Theil I. § 4) ungefähr angeben, er würde, wenn man die Regenmenge in Abzug bringen wollte, für unsere Gegenden sich während eines Jahrs etwa auf 1 Fufs stellen. Zur Wiederersetzung des verdunsteten Wassers brauchte man daher im Laufe eines Jahres nur eine Masse hineinzuleiten, die dem Rauminhalt eines Prismas entspräche, dessen Grundfläche der Wasserspiegel des Canals, und dessen Höhe 1 Fufs wäre. Die Untersuchung, in dieser Weise geführt, stellt aber kein brauchbares Resultat dar, denn es handelt sich nicht um den jährlichen Bedarf, sondern um denjenigen, der während des Sommers und namentlich während der gröfsten Dürre eintritt. In gewissen Jahreszeiten hat jeder Canal überreiche Zuflüsse, die man nicht vollständig benutzen kann, und anderweit ableiten mufs, um den Canal nicht zu hoch anschwellen zu lassen. Eine Ausgleichung findet demnach nicht statt, und man darf den Regen, der zu andrer Zeit niederfällt, nicht in Betracht ziehn. Bei trockner Luft und grofser Hitze verdunsten nach den angeführten Beobachtungen täglich etwa 2 Linien, vielleicht sogar auf den ausgedehnten freien Wasserflächen, die vor dem Winde und der Sonne grofsentheils nicht geschützt sind, bisweilen noch mehr. Man kann hiernach den Werth der Verdunstung nur annähernd angeben, doch bleibt derselbe vergleichungsweise gegen die sonstigen Verluste ziemlich gering.

Wichtiger ist die Filtration, deren Einfluſs jedoch in so hohem Grade durch äuſsere Verhältnisse bedingt wird, daſs ihr Werth auch nicht entfernt mit einiger Sicherheit angegeben werden kann. Die Höhen-Differenz zwischen dem Wasserspiegel des Canals und dem des Grundwassers bezeichnet die Druckhöhe, welche das Wasser durch den Boden treibt, falls der Canal ganz in das Terrain eingeschnitten und nicht etwa durch Dämme eingeschlossen ist. Der Stand des Grundwassers ist aber sehr verschieden. Dasselbe erreicht eine gröſsere Höhe nach anhaltendem Regen, als während der Dürre. Es bilden sich in dem Boden Anschwellungen, wie im freien Strom, die aber wegen der vielfachen Hindernisse der Bewegung des Wassers sich weit langsamer verziehn. Interessant sind die Beobachtungen, die Woltman in den Jahren 1793 bis 1800 über den Stand des Grundwassers anstellte*). Der Beobachtungsort war Cuxhaven, also eine niedrige Marschgegend, in der Nähe der See. Die achtjährigen Beobachtungeu ergaben für die einzelnen Monate die Höhe des Grundwassers über dem mittlern Stande desselben in folgender Art:

im Januar . . .	+ 1,34	Fuſs,
im Februar . .	+ 1,45	„
im März . . .	+ 0,92	„
im April . . .	+ 0,43	„
im Mai	— 0,46	„
im Juni . . .	— 1,37	„
im Juli . . .	— 2,17	„
im August . . .	— 1,49	„
im September .	— 1,18	„
im October . .	+ 0,10	„
im November .	+ 1,26	„
im December .	+ 1,17	„

Man bemerkt, daſs die mittlern Werthe aus den achtjährigen Beobachtungen zwischen den Wasserständen im Februar und Juli eine Differenz von 3,62 oder nahe $3\frac{2}{3}$ Fuſs zeigen. Am höchsten stieg das Grundwasser im December 1797, nämlich 2,62 Fuſs über den mittlern Stand, und es sank am tiefsten im Juli 1794, näm-

*) Beiträge zur Bankunst schiffbarer Canäle. Göttingen 1802. Seite 262.

lich 3,01 Fuſs darunter. Der Unterschied zwischen diesen Höhen beträgt 5,63 Fuſs Hamburger Maaſs oder 5 Fuſs Rheinländisch.

Die Höhe über dem mittleren Stande der See hat Woltman nicht angegeben. Man kann aber wohl annehmen, daſs im Binnenlande, wo eine solche sehr constante Höhe in einem nahe liegenden Becken nicht statt findet, die Unterschiede sich gröſser herausstellen. Es ergiebt sich jedoch schon hieraus, wie verschieden die Wasserverluste in Folge der Filtration zu verschiedenen Jahreszeiten sind, und daſs sie bei anhaltender Dürre am gröſsten werden.

Anders verhält es sich, wenn das in den Boden eindringende Wasser nicht bis zum Grundwasser herabsinkt, vielmehr schon in geringerer Tiefe einen Ausweg zur Seite findet, durch welchen es leichter abflieſsen kann. Dieser Fall wiederholt sich sehr häufig und namentlich wenn das nebenliegende Terrain auf beiden, oder auf einer Seite niedriger ist, als der Wasserspiegel im Canal. Besonders wenn dieser sich zur Seite eines steilen Abhanges hinzieht, pflegen sich bedeutende Quellen daneben zu bilden, die nicht nur wegen des Wasserverlustes, den sie verursachen, nachtheilig sind, sondern auch in den nebenliegenden Aeckern und Wiesen Versumpfungen erzeugen, oder andre Beschädigungen verursachen. Nach der ersten Füllung des Caledonischen Canals zeigten sich am Fuſs eines Seitendammes so starke Quellen, daſs die herausdringende Wassermenge sogar ein Gebäude unterspülte und zerstörte.

Man sollte meinen, daſs die letzte Art der Filtration von den Witterungs-Verhältnissen ganz unabhängig wäre, insofern die Tiefe, zu der das Wasser herabsinkt, unverändert dieselbe bleibt. Dieses ist indessen, nach manchen Beobachtungen, nicht der Fall, vielmehr stellt sich auch hierbei in trockner Jahreszeit ein stärkerer Wasserverlust heraus. Minard erklärt diese Erscheinung dadurch, daſs ein thonhaltiger Boden beim Trocknen sich zusammenzieht, und zerklüftet, wobei die Fugen, durch welche das Wasser hindurchdringt, weiter geöffnet werden. Es ist indessen kaum anzunehmen, daſs an den Stellen, wo die Quellen liegen, wirklich ein vollständiges Austrocknen statt finden sollte.

Es läſst sich jedoch der Einfluſs der Filtration von dem der Verdunstung nicht ganz trennen. Die verschiedenen Erdarten, insofern sie mehr oder weniger Sand enthalten, oder aus reinem

Sand bestehn, ziehn das Wasser vermöge der Capillar-Attraction an. Bis zu einer gewissen Höhe über dem Grundwasser, also oft bis zur Oberfläche des umgebenden Terrains, werden sie durch das Wasser des Canals feucht erhalten. Sobald nun die Witterung eine kräftige Verdunstung gestattet, so verflüchtigen sich die Wassertheilchen, welche bis zur Oberfläche hinaufgestiegen waren, und in gleichem Maafse werden wieder andre Theilchen heraufgezogen, und sonach veranlafst auch die Filtration bei trockner Witterung stärkere Wasserverluste, als wenn der mit Wasser gesättigte Boden die Feuchtigkeit nicht verliert, und vielleicht sogar diese durch hinzutretenden Regen noch vermehrt wird. Zu der Verdunstung kommt noch ein andrer Umstand, der die Filtration verstärkt. Dieses ist der Pflanzenwuchs. In gleichem Maafse, wie derselbe die Feuchtigkeit dem Boden entzieht, mufs sich diese aus dem Canal ersetzen.

Die Beschaffenheit des Bodens hat endlich noch wesentlichen Einfluſs auf die Filtration. Je mehr freie Zwischenräume vorhanden sind, um so gröfser ist unter übrigens gleichen Umständen der Wasserverlust. Im festen Thonboden ist letzterer sehr unbedeutend und oft gar nicht bemerkbar. Je mehr aber Sand beigemischt ist, um so leichter dringt das Wasser hindurch, und in reinem, besonders in grobkörnigem Sande ist die Filtration sehr bedeutend. Am übelsten ist es aber, wenn die Canaldämme und deren Untergrund aus Kies bestehn. Auch in klüftigem Gestein zeigen sich Wasserverluste, die zuweilen die dauernde Erhaltung des Wasserstandes im Canal unmöglich machen. So ist die eine unterirdische Strecke im Canal von St. Quentin in so klüftigem Kalk ausgeführt, dafs sie in wenig Stunden vollkommen trocken wurde, und indem das Speisewasser während des Sommers nicht genügte, um diesen übermäfsigen Verlust zu decken, so füllte man sie in jeder Woche nur einmal, und schloſs sie sogleich an beiden Seiten wieder ab, nachdem die Schiffe, die sich inzwischen davor angesammelt hatten, hindurch gegangen waren. In neuerer Zeit soll es gelungen sein, die Quellen beträchtlich zu mäfsigen. Der gröfste Theil dieses Canals verliert übrigens sein Wasser auch gegenwärtig noch so stark, dafs bei unterbrochener Speisung der Wasserstand sich täglich um nahe 4 Fufs senkt. Noch auffallender war in dieser Beziehung der Seiten-Canal, der bei Hüningen den

Rhein-Rhone-Canal mit dem Rhein in Verbindung setzt, dem es freilich nicht an hinreichendem Zufluſs fehlt, indem man beliebige Wassermengen aus dem Rhein hineinleiten kann. Man fand, daſs an einem Tage der ganze Inhalt des Canals fünfunddreifsigmal erneut werden muſste, um den Verlust durch Filtration zu decken. Der Untergrund besteht hier aus grobem Rhein-Kies.

Endlich wäre noch zu erwähnen, daſs auch Maulwurfs-Gänge zuweilen in einem guten Boden zum Entstehn von Quellen Veranlassung geben.

Ueber die Mittel, welche man zur Dichtung der Canäle anwendet, soll später die Rede sein, es ergiebt sich aber aus Vorstehendem, daſs es unmöglich ist, die Gröfse des Wasserverlustes in Folge der Filtration auch nur annähernd zu bezeichnen. Woltman nimmt, auf die Beobachtungen am Canal du Midi gestützt, sehr willkürlich an, dieser Wasserverlust sei fünfmal so groſs, als derjenige, der von der Verdunstung herrührt. Minard meint dagegen, man könne sehr zufrieden sein, wenn ein Canal in 24 Stunden nicht mehr als 1 bis 1½ Zoll an seiner Wasserhöhe in Folge der Filtration verliere. Doch gilt dieses wohl nur für höher belegene Canalstrecken.

Von der Filtration rührt auch der sehr starke Wasserverlust her, der in neuen Canälen bei der ersten Füllung eintritt, und der bei ältern Canälen sich gleichfalls zeigt, wenn sie einige Zeit hindurch trocken gelegen haben. Man hat in Frankreich bemerkt, daſs Canäle, deren Sohlen durch Bétonbetten gedichtet waren, und deren Seitenwände aus massiven Mauern bestanden, dennoch in den ersten 24 Stunden eine Senkung des Wasserstandes von 3 Zoll erfuhren. Offenbar ist dieser Verlust ohne Vergleich viel gröfser, wenn nur eine unbefestigte Sohle und Erd-Dossirungen das Canalbett bilden, und oft wird zur Füllung eines Canals das Doppelte seines Rauminhalts gebraucht.

Die Filtration kommt nicht allein bei den Schiffahrts-Canälen selbst, sondern auch bei den Rigolen in Betracht, die ihnen das Wasser zuführen, und insofern man diesen kein starkes Gefälle geben mag, um die Bäche möglichst tief abzufangen, so zeigt sich häufig der Uebelstand, daſs die Wassermenge beim Durchfliefsen solcher Gräben sich wesentlich vermindert. Dieser Verlust ist offenbar von der Zeit abhängig, während welcher jedes Wasser-

theilchen darin bleibt, er ist daher um so gröfser, je kleiner die Geschwindigkeit ist. Aus diesem Grunde darf man das Gefälle solcher Speisegräben nicht zu geringe annehmen, und bis zu einer gewissen Grenze ist es vortheilhafter, den Bach in gröfserer Höhe abzufangen, also eine geringere Wassermenge in den Graben zu leiten, als ein schwächeres Gefälle darzustellen, und dadurch den Wasserverlust während des Durchfliefsens zu vermehren. Die scharfe Lösung der Aufgabe, bei welchem Gefälle die möglichst gröfste Wassermenge aus dem Bach dem Canal zugeführt wird, ist gewifs unmöglich, da man selbst durch eine Local-Untersuchung die Werthe der in die Rechnung einzuführenden Constanten nicht mit hinreichender Genauigkeit für jeden Fall wird bestimmen können. Es soll hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, dafs man nicht hoffen darf, alles Wasser, welches man den Speisegräben zuführt, in den Canal fliefsen zu sehn. Es ergiebt sich aber aus dieser Betrachtung noch, dafs die Zuflüsse aus Speisebassins, deren Reichhaltigkeit man beliebig verstärken kann, weniger verlieren, wenn man kürzere Zeit hindurch recht kräftige Strömungen eintreten läfst, als wenn man ununterbrochen geringe Wassermassen abzieht. Die Geschwindigkeit in den Gräben bleibt nämlich in beiden Fällen nicht dieselbe, sondern verstärkt sich ungefähr im Verhältnisse zur Quadratwurzel aus der mittlern Tiefe, daher durchläuft jedes einzelne Theilchen des verstärkten Stroms den Graben schneller, und erleidet einen geringern Verlust. Die Richtigkeit dieser Schlufsfolge leuchtet ein, wenn man ein sehr schwaches Fliefsen voraussetzt, welches so geringe gedacht wird, dafs das Wasser auf dem Wege vollständig in den Boden hineingezogen wird, und sonach das Verhältnifs der in den Graben hineintretenden zu der heraustretenden Wassermenge unendlich grofs ist.

Eben so wenig wie der Verlust durch die Filtration sich vorher bestimmen läfst, kann man auch die Wassermengen angeben, welche von einer Canalstrecke in die andre durch die Fugen in den Schleusenthoren, und zwischen diesen und den Schlagschwellen und Thornischen abfliefsen. Dieser Verlust ist indessen vergleichungsweise gegen andre ziemlich unbedeutend. Bei gehöriger Unterhaltung der Thore darf man ihn wohl, wie Minard an-

giebt, nicht höher, als auf den achten Theil eines Cubikfufses in der Secunde anschlagen.

Nach den an mehreren französischen Canälen gesammelten Erfahrungen berechnet Hefs*) den Wasserverlust durch Verdunstung, Filtration und Undichtigkeit der Schleusen auf 1,2 bis 2 Cubikfufs in der Secunde und auf 1 deutsche Meile Länge. Der Unterschied zwischen beiden Grenzen beruht auf der tiefern oder höhern Lage des Canals gegen das umgebende Terrain und auf der Beschaffenheit des Bodens, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dafs dieser nicht sehr durchlässig sei. Es wird hinzugefügt, dafs bei sorgfältiger Dichtung der Verlust bis auf 0,54 ermäfsigt werden kann, während er bei Americanischen Canälen zuweilen sogar 3,70 beträgt.

Die Französischen Ingenieure nehmen gegenwärtig an, dafs die erwähnten Verluste im mittlern Theil von Frankreich auf 1 Kilometer Canallänge sich täglich auf 650 Cubikmeter stellen. Dieses giebt für die Secunde und Meile 1,94 Cubikfufs.

Endlich kommt bei Ermittlung des Wasser-Bedarfs für einen Canal auch der Verbrauch beim Durchschleusen der Schiffe in Betracht, und dieser ist bei lebhafter Schiffahrt sehr bedeutend, so dafs er demjenigen durch die Filtration gleichkommt, denselben auch oft noch bedeutend übertrifft. Seine Gröfse läfst sich, wenn man die Schiffahrts-Verhältnisse kennt, genauer, als die übrigen Wasserverluste ermitteln, und es sind manche interessante Untersuchungen hierüber angestellt. Einige der wichtigern Resultate, die namentlich auf die zweckmäfsige Anordnung der Canalstrecken und der Schleusen von Einfluss sind, dürfen hier nicht umgangen werden.

Beim Durchgang eines Schiffes durch eine Schleuse sind zwei verschiedene Wassermengen in Betracht zu ziehn, nämlich zunächst diejenige, welche erforderlich ist, um den Wasserstand in der Schleusenkammer vom Unterwasser bis zum Oberwasser zu heben. Man nennt sie die Füllmasse, und es ist klar, dafs sie unverändert dieselbe bleibt, wenn ein Schiff in der Schleusenkammer sich befindet, oder nicht. Dieses taucht nämlich in das Oberwasser ebenso tief ein, wie in das Unterwasser. Sobald das Schiff dagegen in die Schleusenkammer hinein, oder aus derselben herausgezogen wird, so füllt sich der leere Raum, den der eintauchende Theil des

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. Seite 539.

Schiffes bisher einnahm, mit Wasser, und eine Wassermenge, deren Gewicht dem des Schiffes gleich ist, wird aus der Kammer hinaus, oder in dieselbe hineingedrückt. Man nennt diese die Flottmasse. Aufserdem wäre noch diejenige Wassermenge zu erwähnen, welche sich in der Kammer befindet, während die Verbindung mit dem Unterwasser dargestellt ist. Diese kommt indessen nicht in Betracht, da sie bei einfachen Schleusen stets in der Kammer bleibt, auch bei gehörigem Gebrauch der Kuppelschleusen aus den Kammern nie abgelassen wird.

Zunächst mag der Durchgang eines Schiffes durch eine einfache Schleuse untersucht werden. M sei die Füllmasse, und m die Flottmasse. Das Schiff komme aus dem Unterwasser, und ein andres Schiff sei ihm in derselben Richtung vorangegangen. Es findet daher die Schleuse gefüllt. Ehe das Schiff hineingehn kann, mufs diese entleert werden, daher fliefst dem Unterwasser die Masse M zu. Indem aber das Schiff in die Schleuse fährt, drängt es noch die Masse m zurück, dem Unterwasser ist daher $M + m$ zugeflossen. Sobald das Schiff in der Schleuse sich befindet, erfolgt die Füllung aus dem Oberwasser, und beim Heraustreten in dieses fliefst noch die Masse m in die Schleusenkammer. Der Verlust des Oberwassers ist daher eben so grofs, wie der Gewinn des Unterwassers, nämlich $M + m$.

Wenn dagegen ein Schiff herabfährt, also aus dem Oberwasser in die Schleuse tritt, während wieder ein andres in derselben Richtung ihm vorangegangen ist, so stellt sich das Resultat etwas anders. Die Schleuse ist leer, d. h. die Kammer ist bis zur Höhe des Unterwassers abgelassen. Ehe das Schiff hineingehn kann, mufs sie gefüllt werden, dem Oberwasser wird daher die Masse M entzogen. Sobald jedoch das Schiff in die Schleuse fährt, wird von diesem wieder ein Theil, nämlich m zurückgedrängt. Der Verlust des Oberwassers beträgt daher nur $M - m$, und die weitere Betrachtung ergiebt leicht, dafs der Gewinn des Unterwassers eben so grofs ist. Die beim Auf- und Abgehn eines Schiffes hindurchgelassene Wassermenge ist daher gleich $2\,M$.

Die Resultate stellen sich günstiger, wenn die Schiffe abwechselnd in einer und der andern Richtung durch die Schleuse gehn. Ein Schiff sei herabgekommen, und es gehe ein andres aufwärts. Letztres findet daher die Kammer leer, und kann ohne Weitres

hineingezogen werden. Indem dieses aber geschieht, so drängt es die Masse m in das Unterwasser, darauf wird die Kammer gefüllt, und sobald das Schiff herausfährt, drängt es in gleicher Weise noch die Masse m aus dem Oberwasser in die Kammer, das Oberwasser hat daher wieder $M + m$ verloren, aber das Unterwasser nur m gewonnen. Das nächste Schiff geht abwärts. Indem es aus dem Oberwasser in die schon gefüllte Kammer fährt, stöfst es die Wassermenge m zurück, so dafs das Oberwasser statt einen Verlust zu erleiden, sogar um die Masse m vermehrt wird. Das Unterwasser gewinnt dagegen beim Entleeren der Kammer die Füllmasse, wovon aber beim Austreten des Schiffs wieder ein Theil, nämlich m in die Kammer zurück gedrängt wird. Beim Herabschleusen hat daher das Oberwasser $-m$ verloren und das Unterwasser $M - m$ gewonnen. Für beide in entgegengesetzten Richtungen erfolgte Durchgänge der Schiffe wird der Verlust des Oberwassers wieder dem Gewinn des Unterwassers gleich, nämlich M.

Es ergiebt sich hieraus zunächst, wie vortheilhaft es ist, die Schiffe abwechselnd aus dem Ober- und dem Unterwasser in die Schleuse treten zu lassen. Soviel es geschehn kann, werden die Schleusenwärter auch jedesmal hierzu angewiesen, aber die Verkehrs-Verhältnisse gestatten dieses häufig nicht, vielmehr geschieht es gewöhnlich, dafs zeitweise die grofse Mehrzahl der Schiffe sich in einer Richtung, und dann wieder in der andern bewegt. Vielfach treten nämlich in diejenigen Canalstrecken, die unmittelbar mit den Flüssen in Verbindung stehn, gleichzeitig viele Schiffe, die sämmtlich in gleicher Richtung den Canal durchfahren.

Es ergiebt sich aus der vorstehenden Untersuchung, dafs die Wassermasse m oder diejenige, deren Gewicht dem des Schiffs gleich kommt; beim Auf- und Abgange eines Schiffs aus der Rechnung fällt, daher bei Ermittlung des Wasserbedarfs für den ganzen Schiffsverkehr in beiden Richtungen unberücksichtigt bleiben darf. Dieses ist jedoch nur der Fall, wenn die Schiffe, während sie in einer Richtung fahren, eben so schwer beladen sind, als wenn sie zurückkommen. Findet dieses nicht statt, so behält diese Wassermasse allerdings Einfluſs. Indem ihre Gröfse sich jedoch nur unter gewissen Voraussetzungen nachweisen läfst, diese Voraussetzungen aber meist sehr unsicher sind, so kann hier davon abgesehn werden. Es wäre nur der eine Fall zu erwähnen, wobei der

Wasserbedarf für das Durchschleusen der Schiffe sich sehr ermäfsigt.

Wenn alle Schiffe leer herauf- und beladen herabgehn, wie dieses nicht selten geschieht, namentlich wenn der Canal zum Transport der Producte des Bergbaues dient, so entspricht der Werth von m für die heraufgehenden Schiffe nur dem Gewicht derselben, für die herabgehenden dagegen dem Gewicht der Ladung und des Schiffes. Die Wassermenge, deren Gewicht dem des leeren Schiffes gleich ist, sei m, und diejenige, die so schwer ist, wie die Ladung, gleich μ. Man mufs alsdann in den oben gefundenen Werth des Wasserbedarfs für das herabgehende Schiff $m + \mu$ für m einführen. Nimmt man nun an, dafs der Verkehr so eingerichtet ist, dafs die Schiffe abwechselnd in der einen und der andern Richtung durch die Schleuse gehn, so ist der ganze Bedarf für den doppelten Durchgang gleich $M - \mu$, und derselbe wird gleich Null, wenn

$$M = \mu$$

ist. In der Wirklichkeit kommt dieser Fall niemals vor, denn wenn die Schiffe auch eine solche Form haben, dafs sie möglichst die Schleusenkammer füllen, und mit senkrechten Seitenwänden und mäfsiger Zuschärfung, also nahe kastenförmig gebaut sind, so mufs ihr horizontaler Querschnitt doch immer merklich kleiner, als der der Schleusenkammer, bleiben, weil sie sonst nicht hinein- und herausgebracht werden könnten. Das äufserste Verhältnifs beider dürfte etwa 5 : 6 sein. Bezeichnet nun h das Schleusengefälle und t die Tiefe. um welche das Schiff während der Beladung herabsinkt, so müfste

$$6 \,.\, h = 5 \,.\, t.$$

sein. Nähme man nun an, dafs t gleich 3 Fufs wäre, oder das beladene Schiff 3 Fufs tiefer ginge, als das leere, so dürfte das Schleusengefälle doch nur $2\frac{1}{2}$ Fufs betragen, wenn der Wasserverlust beim Durchschleusen ganz aufhören sollte. Um diese Bedingung zu erreichen, wäre man gezwungen, das vorhandene Gefälle auf sehr viele Schleusen zu vertheilen, und dadurch theils die Anlage- und Unterhaltungs-Kosten ansehnlich zu vergröfsern, theils aber den Durchgang der Schiffe durch den Canal vielfach zu unterbrechen, und sehr zu verzögern.

Liegen mehrere Schleusen hintereinander, die auf gleiche Weise benutzt werden und unter sich gleich sind, so ist der Wasserbedarf der einen eben so grofs, wie der der andern, und der Speisegraben darf nur so viel liefern, wie jede einzelne verbraucht. Hiernach kann man leicht den Wasserbedarf finden, der zur Speisung eines Canals mit Abhängen nach beiden Seiten erforderlich ist. Dieser Fall ist der wichtigste, insofern die Beschaffung eines hinreichenden Zuflusses nach der Scheitelstrecke, oder nach der Wasserscheide zwischen zwei Flufsgebieten immer die gröfsten Schwierigkeiten macht. Es mögen aber hierbei die verschiedenen Beladungen der einzelnen Schiffe nicht mehr berücksichtigt werden, da es sich im Allgemeinen nicht bestimmen läfst, ob die Schiffe beladen in der einen, oder der andern Richtung fahren. Auch ergiebt sich bereits aus dem Vorstehenden, dafs die von den Schiffen verdrängten Wassermassen m theils an sich bei den üblichen Schleusen-Gefällen von wenig Bedeutung sind, theils aber auch beim Hin- und Hergange der Schiffe, sofern sie dieselben bleiben, ganz aus der Rechnung fallen. Die nachfolgende Untersuchung soll sich daher allein auf die Wassermassen beziehen, die zum Füllen der Schleusenkammern erforderlich sind.

Wenn ein Schiff durch den Canal fährt, während ein andres ihm in gleicher Richtung vorangegangen ist, so findet dasselbe beim Ansteigen nach der Scheitelstrecke die sämmtlichen Schleusen gefüllt. Es fliefst aber jedesmal 1 M in das Unterwasser, und eben soviel mufs das Oberwasser abgeben, um das Schiff in jeder Schleuse zu heben. Die Scheitelstrecke ist daher nichts andres, als das Oberwasser der letzten Schleuse, und verliert die Wassermasse M, sobald das Schiff sie erreicht hat. Auf dem andern Abhange des Canals sind alle Schleusen entleert. Bevor das Schiff in die erste Schleuse hineintreten kann, mufs diese daher gefüllt werden, oder die Scheitelstrecke mufs wieder 1 M abgeben, und dieselbe Masse fliefst beim Herabsinken des Schiffs in die nächste Strecke. Dasselbe geschieht in allen folgenden. Der Wasserstand ist sonach in allen einzelnen Strecken der beiden Abhänge derselbe geblieben, der er früher war, da in jedem dieselbe Masse hinzugekommen und abgelassen ist. Nur die Scheitelstrecke hat 2 M verloren.

Wenn dagegen das vorhergehende Schiff in entgegengesetzter Richtung gefahren war, so findet das folgende Schiff in allen Schleusen den Wasserstand, den es zum Einfahren gebraucht. Während es ansteigt, fliefst daher kein Wasser in die vorhergehende Strecke, wohl aber wird bei jeder Schleuse 1 *M* aus dem Oberwasser entnommen, um das Schiff zu heben. Eben soviel mufs auch die Scheitelstrecke abgeben, sie erleidet aber keinen Verlust, während das Schiff die erste Schleuse des andern Abhanges durchfährt, weil diese bereits gefüllt war. Der Inhalt dieser Schleuse fliefst in die nächste Strecke ab, und dasselbe geschieht beim Durchgange durch jede folgende Schleuse, Die Scheitelstrecke hat sonach in diesem Falle nur 1 *M* eingebüfst, während in jede Strecke des ersten Abhanges eben soviel zugeflossen, und aus jeder des zweiten Abhanges eben soviel entnommen ist. Die Wasserstände auf beiden Abhängen haben sich daher etwas verändert.

Es ergiebt sich sonach aus der Betrachtung des ganzen Canals dasselbe Resultat, welches bei der einzelnen Schleuse sich schon herausgestellt hatte, dafs es nämlich vortheilhafter sei, wenn die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung fahren, als wenn sie einander folgen. Nichts desto weniger tritt dieser Vortheil doch nicht in allen Fällen ein. Die letzte Untersuchung zeigte nämlich, dafs bei abwechselnder Richtung der Schiffe die Canalstrecken nicht denselben Wasserstand behalten, ihr Inhalt vielmehr bald durch eine Füllmasse Wasser vergröfsert, und bald um eben soviel vermindert wird. Bei längern Strecken ist dieser Umstand ohne Bedeutung, doch kann er von Wichtigkeit sein, wenn die Strecke nur kurz ist. Er verändert aber bei gekuppelten Schleusen vollständig das Resultat der frühern Betrachtung. Die einzelnen Kammern einer gekuppelten Schleuse sind für diese Untersuchung nichts anders, als besondere Schleusen, die aber zwischen sich keine Canalstrecke haben, welche den Ueberschufs des zufliefsenden Wassers aufnehmen, oder den Bedarf zur Füllung der untern Kammer hergeben könnte.

Zur nähern Prüfung des verstärkten Wasserbedarfs der gekuppelten Schleusen mag beispielsweise angenommen werden, dafs jeder Abhang des Canals mit einer solchen versehn ist, und zwar bestehe diejenige auf dem östlichen Abhange aus drei Kammern, und die auf dem westlichen aus zwei. Dieses Beispiel wird ge-

nügen, das ganze Verhältnifs aufzuklären, und zur Herleitung der allgemeinen Regel dienen.

Es sei ein Schiff in der Richtung von Osten nach Westen gefahren, und ein zweites folge ihm. Dieses wird beim Aufsteigen alle Schleusen, sowie auch die drei zur gekuppelten Schleuse gehörigen Kammern gefüllt antreffen. Um das Schiff in die untre Kammer hineinbringen zu können, mufs man den Inhalt derselben ins Unterwasser ablassen. Nachdem das Schiff darin ist, wird die untere Kammer aus der zweiten gefüllt, wodurch sich letztere entleert, so dafs das Schiff in diese treten kann. In gleicher Weise gelangt es in die obere Kammer, und aus dieser in das Oberwasser der gekuppelten Schleuse. Die folgende Canalstrecke giebt also nur eine Füllmasse ab. In dem westlichen Abhange sind alle Schleusen entleert. Sobald das Schiff an die gekuppelte Schleuse kommt, mufs aus dem Oberwasser derselben ein Füllmasse entnommen werden, um die obere Kammer zu füllen. Sobald es darin ist, fliefst dieselbe Füllmasse in die zweite Kammer, und genügt hier, um den Durchgang des Schiffes zu bewirken. Man überzeugt sich aber leicht, dafs, wenn die Schleuse auch noch mehr Kammern hätte, dieselbe Wassermasse den Durchgang durch alle vermitteln würde. Für den Fall, dafs die Schiffe einander in derselben Richtung folgen, ist es daher ganz gleichgültig, ob gekuppelte oder nur einfache Schleusen im Canale liegen. Der Wasserverlust beträgt in beiden Fällen 2 *M*.

Wenn dagegen die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung fahren, so findet jedes Schiff die Schleuse in solchem Zustande, dafs es sogleich hineingehn kann. Es mag wieder ein von Osten nach Westen gehendes Schiff betrachtet werden. Dasselbe tritt unmittelbar in die untere Kammer der gekuppelten Schleuse. Damit es aber in derselben gehoben werde, mufs die Kammer gefüllt werden, und das dazu erforderliche Wasser läfst sich weder aus der nächsten, noch aus der dritten Kammer entnehmen, weil beide leer sind. Es bleibt daher nur übrig, dieses aus dem Oberwasser durch beide Kammern hindurchfliefsen zu lassen. Das Schiff gelangt alsdann in die zweite Kammer, während die obere wieder leer ist. Aus dem Oberwasser der Schleuse mufs daher wieder eine Füllmasse abgelassen werden, und dasselbe geschieht endlich noch zum dritten Mal, während das Schiff vollends zur Höhe des Oberwassers ansteigt. Es ergiebt sich augenschein-

lich, dafs in diesem Fall die Füllmasse so oft abgegeben werden mufs, als die gekuppelte Schleuse Kammern enthält. Die davor liegende Canalstrecke kann diesen Verlust aber nicht tragen, wenn er nicht durch verstärkten Zufluſs ersetzt wird, weil derselbe Verlust bei jedem Aufsteigen eines Schiffes unter denselben Verhältnissen sich immer wiederholt. Sollten aber vielleicht in demselben Abhange mehrere gekuppelte Schleusen vorkommen, so würde unter der Voraussetzung, dafs die zwischenliegenden Strecken hinreichende Ausdehnung haben, um die ganze Wassermenge der einmaligen Schleusung aufnehmen oder abgeben zu können, der Mehrbedarf der einen gekuppelten Schleuse auch von der andern benutzt werden, und aus dem Oberwasser dürften nur so viel Füllmassen entnommen werden, als diejenige gekuppelte Schleuse Kammern enthält, bei der diese Anzahl am gröfsten ist. Nach dem gewählten Beispiele würde das Aufsteigen eines Schiffes im östlichen Abhange drei Füllmassen erfordern, im westlichen dagegen nur zwei, also durchschnittlich zwei und eine halbe.

Beim Herabgehn findet das Schiff alle Kammern gefüllt, daher ist kein Zufluſs aus der Scheitelstrecke erforderlich. Es ergieſsen sich aber grofse Wassermassen in die untern Canalstrecken, welche von den daselbst befindlichen einfachen Schleusen nicht verbraucht werden, und die man durch die Schütze ablassen mufs, um die Strecken zu entlasten.

Wenn sonach die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzten Richtungen fahren, und der Canal in beiden Abhängen gekuppelte Schleusen hat, so findet man den durchschnittlichen Wasserbedarf, wenn man die Füllmasse mit dem arithmischen Mittel aus denjenigen Zahlen multiplicirt, welche der gröfsten Anzahl der in jedem Abhange zu einer gekuppelten Schleuse verbundenen Kammern entsprechen. Bestehn die gekuppelten Schleusen jedesmal nur aus zwei Kammern, und befinden sich solche auf beiden Abhängen, so ist der Wasserbedarf eben so grofs, wenn die Schiffe in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung fahren. Er ist aber, da Kreuzungen oft vorzukommen pflegen, schon bedeutender, als wenn der Canal nur mit einfachen Schleusen versehn wäre. Viel ungünstiger wird aber das Verhältnifs, wenn auch nur eine einzige Schleuse mehr als zwei Kammern hat.

Es ergiebt sich hieraus der grofse Nachtheil der gekuppelten

Schleusen auf einem Canal, der nur mässige Zuflüsse hat. Augenscheinlich tritt aber beinahe derselbe Uebelstand ein, wenn man einfache Schleusen so nahe hinter einander erbaut, dafs die zwischenliegenden Strecken nicht hinreichende Ausdehnung haben, um eine oder mehrere Füllmassen aufnehmen, oder abgeben zu können, ohne dafs das Wasser in nachtheiliger Weise ansteigt oder die zur Schiffahrt erforderliche Tiefe sich verliert. Die Frage, wie lang eine Canalstrecke sein mufs, damit diese Nachtheile nicht eintreten, läfst sich unter Voraussetzung bestimmter Verhältnisse leicht beantworten. Der Canal sei beispielsweise im Wasserspiegel 60 Fufs breit, die Schleusenkammern dagegen 130 Fufs lang 17 Fufs breit, und das Gefälle einer Schleuse betrage 8 Fufs. Der Werth einer Füllmasse wird alsdann 17680 Cubikfufs sein. Wenn diese aber den Wasserspiegel des Canals nicht mehr als einen Zoll heben oder senken soll, so mufs die Länge der Strecke mindestens 3536 Fufs, oder etwas mehr als den siebenten Theil einer Meile betragen. Senkt sich der Boden so stark, dafs man die einzelnen Strecken nicht so lang machen kann, so läfst sich noch durch Verbreitung des Canals derselbe Vortheil erreichen. Man darf nämlich nur die Breite in demselben Verhältnifs wachsen lassen, wie die Länge der Strecke sich verkürzt. Könnte man vielleicht in dem gewählten Beispiel die Länge der zwischenliegenden Strecke nur halb so lang machen, als vorstehende Rechnung ergiebt, so würde man durch Verdoppelung der Breite denselben Vortheil erreichen, dafs nämlich eine Füllmasse den Wasserspiegel nur um einen Zoll hebt. Auf dem Marne-Rhein-Canal hat man dieses Mittel auf dem Abhange der dem Rhein zugekehrt ist, gewählt, um den Wasserverlust beim Durchgange der Schiffe durch die hier ziemlich nahe belegenen Schleusen nicht zu grofs werden zu lassen.

Bei der verschiedenen Länge der einzelnen Canalstrecken, und der Verschiedenheit ihrer Wasserverluste durch Filtration, sowie auch bei der unvermeidlichen Unregelmäfsigkeit des Schiffahrtsbetriebes kann es nicht fehlen, dafs einzelne Strecken eine stärkere Speisung erfordern, als andre. Das dazu nöthige Wasser liefern zwar oft Bäche, die man hier einleiten kann, doch bietet sich hierzu auch oft keine Gelegenheit, und man mufs alsdann die erforder-

liche Speisung durch Ziehn der Schütze in den davorliegenden Schleusen bewirken. In gleicher Weise wird auch gemeinhin der Ueberschufs an Wasser, der in einzelnen Strecken sich darstellt, beseitigt.

Auf einem Theil des Canals du Centre, wo die Schleusen sehr nahe neben einander liegen, war die Füllung der Strecken wegen des ungleichmäfsigen Wasserverbrauches besonders schwierig, und indem die Wärter nicht die gehörige Aufmerksamkeit hierauf verwendeten, so wurde die Schiffahrt zuweilen wesentlich verhindert. Man führte daher neben dem Canal noch eine besondere Anlage aus, die wenigstens ein übermäfsiges Anschwellen des Wassers in den einzelnen Strecken verhinderte. Es wurde nämlich ein Seitengraben gezogen, der mit jeder Strecke in offner Verbindung stand, aber unmittelbar hinter jeder Abzweigung eines solchen Verbindungsgrabens mit einem Wehr versehn war, welches den Wasserstand davor normirte. Wenn nun in eine Strecke so viel Wasser gekommen war, dafs der normale Wasserstand überschritten wurde, so flofs ein Theil über das Wehr im Seitengraben nach der nächsten Strecke ab. War diese aber schon gefüllt, so setzte es über das folgende Wehr seinen Weg weiter fort. Das Speisewasser wurde auch nicht mehr unmittelbar in den Canal, sondern in den Seitengraben geleitet, und dieser führte es in diejenigen Strecken, die dessen bedurften. Diese Einrichtung wurde als sehr zweckmäfsig anerkannt.

Der Wasserbedarf für das Durchschleusen der Schiffe ist nach der vorstehenden Untersuchung durch ein gewisses Vielfaches der Füllmasse ausgedrückt, man kann daher den Bedarf vermindern, sobald man den Werth der Füllmasse verringert. Diese ist das Product aus dem horizontalen Querschnitt der Kammer in das Schleusengefälle. Der erste Factor ist durch die Gröfse der Schiffe bedingt, kann also nicht willkürlich vermindert werden, dagegen ist das Schleusengefälle beliebig zu wählen, da man eine gegebene Höhe auch mittelst Schleusen von geringem Gefälle ersteigen kann, wenn ihre Anzahl in demselben Verhältniss vergröfsert wird, wie das Gefälle sich verkleinert. Bei sparsamen Zuflüssen verdient dieser Umstand allerdings berücksichtigt zu werden, und es wäre gewifs sehr unpassend, wenn man in solchem Fall Schleusen mit

sehr starkem Gefälle erbauen wollte. Man darf indessen nicht unbeachtet lassen, dafs durch die Vermehrung der Anzahl der Schleusen auch die Anlage- und Unterhaltungskosten wesentlich gesteigert, und zugleich die Fahrten verzögert werden.

Die Seiten-Bassins an den Schleusen, von denen oben (§. 75) die Rede war, haben keinen andern Zweck, als das ganze Gefälle in mehrere kleinere zu zerlegen, wodurch die Füllmasse, und in gleichem Verhältnifs der Wasserbedarf vermindert wird. Die eben erwähnten Uebelstände, welche bei der Vertheilung des Gefälles auf eine gröfsere Anzahl von gewöhnlichen Schleusen eintreten, zeigen sich zwar auch bei ihnen, doch bieten sie Gelegenheit, die Verzögerung nur eintreten zu lassen, wenn die Zuflüsse zum Canal sich vermindern. Man kann nämlich bei hinreichender Wassermenge die Seitenbassins abschliefsen und die Schleuse in derselben Art, wie gewöhnliche Schleusen gebrauchen, also die Schiffe schnell befördern. Wenn aber in trockner Jahreszeit die Speisung hierzu nicht mehr genügt, so kann mit Hülfe der Seitenbassins die Schiffahrt dennoch erhalten werden, wenn es auch nicht möglich ist, ihr noch dieselbe Bequemlichkeit, wie früher zu bieten.

Nachdem die verschiedenen Ursachen des Wasserverlustes behandelt sind, mag noch die Gröfse des ganzen Wasserbedarfs zur Zeit der grofsten Dürre für einen bestimmten Canal gesucht werden. Derselbe mag in der Scheitelstrecke durch einen Graben, der aus einem Reservoir das Wasser erhält, gespeist werden. Dieser Zufluſs versorgt zugleich die nächst anliegenden Strecken auf beiden Abhängen, bis man in gröfserer Tiefe andre Bäche dem Canal zuleiten kann. Die Gesammtlänge derjenigen Strecken, die keinen weitern Zufluſs erhalten, als den in die Scheitelstrecke mündenden Graben betrage 4 Meilen. Der Canal sei im Wasserspiegel 50 Fufs breit. Die Schleusenkammern seien 100 Fufs lang und 16 Fufs breit, und die Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser in jeder Schleuse 8 Fufs. Endlich werde angenommen, dafs in jedem Tage 20 Schiffe den Canal passiren, die eben so oft einander folgen, als sie sich vor einer Schleuse kreuzen. Jedes Schiff bedarf daher zu seinem Durchgange durch den Canal $1\frac{1}{2}$ Füllmassen.

Hieraus ergiebt sich der tägliche Wasserbedarf in folgender Weise:

1) Der Verlust durch Verdunstung $4 . 24000 . 50 . \frac{1}{12} . \frac{1}{6} =$	66667	Cubikfuſs
2) Desgleichen durch die Filtration, wenn diese den Wasserstand täglich um 1 Zoll vermindert, $4 . 24000 . 50 . \frac{1}{12} =$	400000	„
3) Der Abfluſs durch die geschlossenen Schleusenthore $\frac{1}{4} . 60 . 60 . 24 =$ . .	21600	„
4) Der Bedarf zum Durchschleusen der Schiffe $1\frac{1}{2} . 100 . 16 . 8 . 20 =$ . . .	384000	„
Summe	872267	Cubikfuſs.

Es ist daher erforderlich, daſs in der Secunde 10,1 Cubikfuſs zufliefsen. Das Gebiet, auf dem diese Quellen gesammelt werden, muſs jedenfalls mehrere Quadratmeilen enthalten, und um so gröſser sein, je weniger Waldungen darin vorkommen, und je mehr es sich in gutem Culturzustande befindet.

§. 82.

Wahl der Canallinie.

Wenn das Project zu einem neuen Canal aufgestellt werden soll, so sind die beiden Endpunkte desselben durch den Zweck der ganzen Anlage gegeben. In einzelnen Fällen wird jedoch nur die Verbindung zweier Ströme beabsichtigt, und dem Baumeister, der mit den Vorarbeiten beauftragt ist, bleibt es überlassen, diejenige Linie aufzusuchen, welche die wenigsten Anlagekosten bedingt und die gröſste Sicherung des Verkehrs verspricht. Dagegen geschieht es auch zuweilen, daſs die Aufgabe noch bestimmter gefaſst, und Zwischenpunkte bezeichnet werden, über welche der Canal gezogen werden muſs. Dergleichen Bestimmungen können überaus störend sein, und Veranlassung geben, daſs der Canal mit wesentlichen Mängeln behaftet bleibt, die durch eine andre Linie zu vermeiden gewesen wären. Minard führt in dieser Beziehung mehrere Canäle Frankreichs als Beispiele an.

Die verschiedenen Umstände, die bei der Wahl der Linie berücksichtigt werden müssen, sind zum Theil bei allen Canälen die-

selben, mögen diese entweder nur auf kurze Strecken neben einem schiffbaren Fluſs gezogen sein, etwa um ein Wehr zu umgehn, oder mögen sie nach einem vom Fluſs entfernten Handelsorte führen, oder aber die Verbindung zwischen zwei schiffbaren Strömen darstellen; zum Theil aber erhalten sie ihre Bedeutung nur in dem letzten Fall, wenn nämlich der Canal über eine hochgelegene Wasserscheide zwischen zwei Stromgebieten geführt werden soll.

Die Wahl der Linie wird vorzugsweise durch die Höhenlage des Terrains bedingt, also durch das dem Canal zu gebende Längenprofil, und indem man sich für eine gewisse, durch die Horizontal-Projection bezeichnete Linie entscheidet, so ist auch das Längenprofil des Canals, also die Höhenlage der Scheitelstrecke und die Vertheilung der Schleusen und deren Gefälle ungefähr gegeben.

Der Canal besteht aus einzelnen Theilen, die mit stehendem Wasser gefüllt, horizontale Wasserflächen bilden, und durch zwischenliegende Schleusen von einander getrennt sind. Man nennt diese Theile Canalstrecken oder Haltungen. Die höchste derselben, die auf der Wasserseite liegt, und an welche sich die beiderseitigen Abhänge des Canals anschlieſsen, heiſst die Scheitelstrecke. Jede Canalstrecke wird von der nächst oberhalb belegenen mit Wasser versehn, wozu die Seitenzuflüsse kommen, die vielleicht hineingeleitet und mit zur Speisung benutzt werden. Hierauf kommt es indessen meist weniger an, und der schwierigste Theil der Aufgabe besteht gewöhnlich darin, der Scheitelstrecke die erforderliche Wassermasse zuzuweisen.

Besteht die Wasserscheide aus einer sumpfigen Ebne, in der vielleicht noch Seen liegen, so ist die Linie, die sich zum Uebergang am meisten eignet, leicht zu finden. Man darf nur den höchsten Rücken der Wasserscheide durch ein Nivellement verfolgen, und die tiefste Einsenkung darin aufsuchen. In einer solchen findet der Canal den passendsten Uebergang, weil er hier durch die Quellen der höherliegenden Theile der Wasserscheide gespeist werden kann, und aufserdem ist es auch vortheilhaft, die Scheitelstrecke möglichst niedrig zu halten, weil dadurch die geringste Anzahl von Schleusen in den beiderseitigen Abhängen bedingt wird.

Auch in dem Fall, daſs ein hoher Gebirgskamm die

beiden Stromgebiete von einander trennt, pflegte man sonst in ähnlicher Weise zu verfahren, doch war alsdann die Schwierigkeit in Betreff der Speisung der Scheitelstrecke immer sehr grofs, und man sah sich gezwungen, Reservoire in den höhern Thälern anzulegen, und diese durch lange Zuleitungsgräben mit dem Canal in Verbindung zu setzen, wodurch indessen, wie bei dem Canal du Midi, der Zweck dennoch nur höchst unvollständig erreicht wurde. Später sind unterirdische Canalstrecken vielfach ausgeführt. Man suchte daher für den Canal nicht mehr die Stelle auf, wo der Kamm am niedrigsten, vielmehr wo er am schmalsten war, wo man also mit dem kürzesten Stollen ihn durchschneiden konnte. Dieses Verfahren bietet den überwiegenden Vorzug, dafs die Scheitelstrecke niedriger bleibt, also ihre Speisung in höherm Grade gesichert ist, auch die Anzahl der Schleusen in den beiderseitigen Abhängen sich vermindert.

Bei Aufsuchung des Uebergangspunktes kommt es indessen nicht allein auf die Form des Kammes, sondern auch auf die Seitenthäler an. Man ist gezwungen, beim Ansteigen eines Gebirges die letztern zu verfolgen, weil sonst die Anlage wegen der Unebenheiten des Bodens zu schwierig wäre. Das Thal eines Baches gewährt immer die wesentliche Erleichterung, dafs das Gefälle, wenn auch bald stärker, bald schwächer, doch dauernd nach der Thalseite gekehrt ist, ein abwechselndes Steigen und Fallen darin also nie vorkommt. Aufserdem sind diese Gefälle, obwohl sie mitunter sehr bedeutend sind, doch mit denjenigen nicht zu vergleichen, die man antreffen würde, wenn man etwa auf dem kürzesten Wege den Kamm ersteigen wollte. Dazu kommt noch, dafs man den zur Ausführung der Seitendämme erforderlichen Boden in Gebirgsgegenden nur in den Thälern antrifft.

Hiernach dürfte es scheinen, dafs besonders solche Stellen für den Uebergang sich eignen, wo auf beiden Seiten des Kammes Quellen liegen, deren Thäler normal gegen die Richtung des Gebirgszuges gekehrt sind, also ungefähr in eine gerade Linie fallen. Es kommen indessen häufig noch günstigere Verhältnisse vor. Nicht selten entspringen nämlich auf derselben Stelle des Kammes zwei Quellen, auf jedem Abhange eine, die sich nicht sogleich in die Tiefe stürzen, vielmehr zunächst zur Seite des Kammes und zwar mit demselben parallel, und in gleicher Richtung fliefsen,

Je länger sie diese Richtung behalten, um so tiefer werden ihre Thäler, und um so gröfser ist die Wassermenge, die sie führen. Wenn man daher möglichst weit abwärts die Verbindung zwischen beiden darstellt, ehe sie stark divergiren, so hat man die Scheitelstrecke schon um so tiefer verlegt und deren Speisung mehr gesichert.

Die Betrachtung einer Charte, welche die Bäche und Thäler des Gebirges darstellt, wird schon zu einem ungefähren Urtheil über die passendste Wahl der Uebergangsstelle führen, oder doch erkennen lassen, wo man solche mit einigem Erfolg suchen darf. Alsdann ist die specielle Untersuchung des Terrains verbunden mit ausgedehnten Nivellements vorzunehmen, und die gefundenen Resultate mufs man so übersichtlich zusammenstellen, dafs man die Höhenlage der einzelnen Punkte mit hinreichender Sicherheit entnehmen kann. Dieses geschieht am zweckmäfsigsten, wenn man horizontale Ebnen in gleichen Abständen, wie etwa von 10 Fufs über einander legt, und die Durchschnittslinien derselben durch das Terrain aufsucht, und diese in die Situations-Charte einträgt, (I. Theil §. 24). Diese Methode zur Bezeichnung der Gestaltung des Terrains ist heutiges Tages so bekannt, dafs sie keiner nähern Beschreibung bedarf.

Die Charte, welche in solcher Art die Situation darstellt, gewährt vollständige Uebersicht der Höhen-Verhältnisse. Man kann daraus unmittelbar ersehn, an welchen Stellen der Bergkamm in den verschiedenen horizontalen Ebnen am schmalsten ist, und die nähere Untersuchung der Charte, die jedenfalls die beiderseitigen Thäler noch hinreichend umfassen mufs, bietet vorzugsweise die nöthigen Unterlagen, um die Stelle zu erkennen, die sich am passendsten zum Uebergange eignet. Man wird aber immer bemüht sein, die Scheitelstrecke so viel wie möglich zu senken. Die Charte gestattet aufserdem ein sicheres Urtheil über die Einführung des Canals in die Thäler, die er verfolgen soll. Zu scharfe Krümmungen müssen dabei vermieden werden, doch darf man hierbei nicht entfernt so weit gehn, wie bei Eisenbahn-Anlagen, indem es nur darauf ankommt, dafs die Schiffe bei langsamer Bewegung noch unbehindert die Krümmungen durchfahren können, wenn sie darin auch sich begegnen sollten. Der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser für die Mittellinie des Canals ist daher durch

die Gröfse, und namentlich durch die Länge der Schiffe bedingt. Bei französischen Canälen vermindert man diesen Halbmess oft bis auf 100 Fufs, das Doppelte würde gewifs für alle Fälle zulässig sein. Mäfsige Krümmungen sind ohne Nachtheil, da alsdann der Bogen nur wenig länger, als seine Sehne ist, sollte aber besorgt werden, dafs der Durchgang der Schiffe erschwert werden könnte, so läfst sich dieser Uebelstand oft durch Verbreitung solcher Strecken beseitigen.

Endlich läfst sich aus der Charte auch leicht die Ausdehnung der Scheitelstrecke bestimmen. Man mufs, so weit es geschehn kann, vermeiden, den Canal über die Oberfläche des umgebenden Terrains zu legen, weil alsdann die Filtration viel stärker wird. Ganz besonders ist diese Rücksicht in der Scheitelstrecke von überwiegender Wichtigkeit, indem hier das Speisewasser am spärlichsten zufliefst, und es am meisten an einer guten Erde zum Dichten der Seitendämme zu fehlen pflegt. Dagegen ist es auch nothwendig, der Scheitelstrecke eine bedeutende Länge zu geben, damit sie zugleich als Reservoir dient, und die Wasserverluste bei dem ungleichmäfsigen Durchschleusen der Schiffe einigermafsen ausgeglichen werden.

Die Wahl der Uebergangsstelle über die Wasserscheide ist indessen keineswegs allein durch die Gestaltung des Gebirges und der anschliefsenden Thäler bestimmt. Von besonderer Wichtigkeit bleibt dabei die Menge des Speisewassers, die man mit Sicherheit herbeiführen kann. Wie man das zur Speisung nöthige Wasserquantum annähernd bestimmt, ist bereits im vorigen Paragraph erörtert worden, die Messung der Reichhaltigkeit der Bäche ist zwar nach den Theil I. §. 18 und Theil II. §. 15 angegebenen Methoden nicht schwierig, doch mufs man dieselbe zu verschiedenen Zeiten und namentlich auch während anhaltender Dürre wiederholen. Aufserdem ist es aber auch nothwendig, den Ursprung der Quellen zu verfolgen, und die Ausdehnung der Fläche, worin sie sich sammeln, oder das Gebiet des Baches kennen zu lernen. Dabei kommt es darauf an, ob dieses Gebiet bewachsen oder kahl ist, und im ersten Falle, ob zu besorgen steht, dafs die Waldungen oder das Buschwerk vielleicht ausgerodet werden, wozu die durch den Canal erleichterte Verbindung selbst Veranlassung geben kann. Am vortheilhaftesten ist es, wenn ausgedehnte Sümpfe den Canal

speisen, weil solche ein Reservoir bilden, worin sich das Wasser der stärksten Niederschläge ansammelt, und woraus es gleichmäfsiger, als unter andern Bodenverhältnissen abfliefst. Befinden sich diese Sümpfe aber unmittelbar neben dem Canal, und stellt man in demselben einen tiefern Wasserstand dar, so giebt er wieder Veranlassung zur Senkung des Grundwassers, und der Sumpf, der im ursprünglichen Zustande einen überreichen Wasserschatz und zwar nachhaltig zu versprechen schien, trocknet nach und nach aus, und die von ihm erwartete Speisung hört auf. Wenn der Sumpf aber auch weiter entfernt liegt, und eine unmittelbare Einwirkung des Canals auf ihn nicht besorgt werden darf, so bleibt dennoch zu untersuchen, ob eine Melioration und Urbarmachung dieser Sumpffläche vielleicht zu erwarten ist.

Sollte es sich ergeben, dafs der Wasserreichthum der Bäche, die unmittelbar neben der Scheitelstrecke sich befinden, nicht genügt, oder bei möglichen Aenderungen der Culturverhältnisse sich so vermindern kann, dafs er dem Bedürfnifs nicht mehr entspricht, so wird man zunächst zu untersuchen haben, ob vielleicht andre Bäche in der Nähe sind, die man herbeileiten kann. Alsdann werden ausgedehnte Rigolen oder Speisecanäle erforderlich, für welche, wie bereits erwähnt, der Verlust durch Filtration nicht unberücksichtigt bleiben darf. Je höher man diese Bäche abfängt, um so geringer ist die Wassermenge, die der Speisegraben aufnimmt, aber um so gröfser ist auch sein Gefälle und die Geschwindigkeit des darin fliefsenden Wassers.

Finden sich entferntere Bäche, die man nach der Scheitelstrecke leiten kann, nicht vor, oder ergänzen sie die Wassermenge noch nicht zu dem erforderlichen Maafs, und zwar zur Zeit anhaltender Dürre, so mufs man untersuchen, ob vielleicht einzelne Thäler sich zu Reservoiren einrichten lassen, in welchen im Frühjahr und bei heftigem Regen während des Sommers grofse Massen aufgefangen werden können, die man in der Dürre dem Canal zuleitet. Es ist bereits erwähnt worden, dafs man den Nutzen solcher Anlagen nicht zu hoch anschlagen darf. Die Verluste in diesen Reservoiren, theils durch Verdunstung und theils durch Filtration pflegen sehr grofs zu sein, und in den Gräben, worin das Wasser aus ihnen dem Canal zufliefst, tritt wieder ein neuer starker Verlust durch die Filtration ein, der gerade hier um

so bedeutender ist, und sich auch im Lauf der Zeit nicht vermindert, als darin nur reines Wasser fliefst, welches keine erdigen Theilchen enthält, die nach und nach die Zwischenräume füllen und dadurch endlich die Seitenwände und die Sohle des Grabens hinreichend dichten.

Sollte sich keine Uebergangs-Stelle über die Wasserscheide finden, wobei die erwähnten Mittel zur Beschaffung des nöthigen Wasserbedarfs genügen, selbst wenn man zu einer unterirdischen Strecke von mäfsiger Länge sich entschliefsen wollte, so müfste man zu solchen Schleusen oder geneigten Ebnen seine Zuflucht nehmen, die wenigstens den Wasserverlust beim Durchschleusen der Schiffe möglichst vermindern oder denselben ganz aufheben. Andrerseits bleibt aber noch die Möglichkeit, die Scheitelstrecke durch ein kräftiges Pumpwerk mit Wasser zu versehn. Es giebt wohl kein Beispiel, dafs ein Canal gleich nach der ersten Anlage in der letzten Art gespeist wäre, oder dafs man dieses Mittel ursprünglich beabsichtigt hätte, aber wenn bei zunehmendem Verkehr oder vielleicht auch in Folge andrer Ursachen dem Canal nicht mehr das erforderliche Wasser zufliefst, so bietet eine kräftige Dampfmaschine, die dieses aus tiefern und reichlich gespeisten Bassins hebt, am einfachsten die Gelegenheiten, den Canal im schiffbaren Zustande zu erhalten. Endlich könnte man, wie auf einigen americanischen Canälen geschieht, die Ueberführung der Ladungen über einen wasserarmen Bergrücken auch durch eine Eisenbahn vermitteln.

Zur Beurtheilung des passendsten Uebergangs über die Wasserscheide wäre noch der geognostischen Untersuchung des Bodens zu erwähnen. Dieselbe dient theils, um die Schwierigkeiten vorher kennen zu lernen, welche bei der Ausführung tiefer Einschnitte oder eines Stollens zu erwarten sind, vorzugsweise aber, um besonders starke Filtration zu vermeiden, die bei manchen Gebirgsarten eintreten.

Hat man nach solchen Untersuchungen die passendste Stelle für die Scheitelstrecke ermittelt, so kommt es darauf an, die Mittellinie des Canals bestimmt anzugeben, auch die Endpunkte für die Strecke, oder die Lage der beiden sie begrenzenden Schleusen zu finden. Für den Theil, der unterirdisch geführt wird, giebt es, wofern nicht etwa verschiedene Gebirgsarten vorkommen, keine

andre Rücksicht, als dafs er möglichst kurz sein mufs. Bei den offenen Strecken sind dagegen die Erhebungen oder Vertiefungen des Bodens und dieselben Umstände als maafsgebend zu betrachten, die auch weiter abwärts die Wahl der Canallinie bedingen. Von diesen wird in Folgendem die Rede sein. Hier wäre nur zu bemerken, dafs die erwähnte Aufnahme der Situation zur vollständigen Bearbeitung des Projects noch nicht genügt, vielmehr die Canallinie mit ihren nächsten Umgebungen, sobald sie im Allgemeinen aufgefunden ist, noch speciell vermessen und nivellirt werden mufs, um ihre Lage den örtlichen Verhältnissen entsprechend überall zu berichtigen, und die Kosten für Erdarbeiten zu ermitteln.

In den beiderseitigen Abhängen kommen zunächst die Schleusen in Betracht. Es ist bereits nachgewiesen worden (§ 81), wie das Gefälle, welches sie erhalten, einen grofsen Einfluſs auf den Wasserbedarf ausübt. Wenn letztrer daher nur mäfsig ist, so rechtfertigt es sich, auch die Schleusengefälle nicht zu grofs anzunehmen, bis andre Bäche in die weiter abwärts belegenen Strecken geleitet werden können. Durch Einführung gar zu kleiner Gefälle vermehrt man aber die Anzahl der Schleusen in nachtheiliger Weise, wodurch die Anlage- und Unterhaltungskosten vergröfsert und der Durchgang der Schiffe verzögert wird. Der Umstand, dafs die einzelnen Canalstrecken in diesem Fall kürzer werden, ist ohne Bedeutung, weil das Verhältnifs der Füllmasse bei Verkleinerung des Schleusen-Gefälls, zur Länge der einzelnen Strecken, also zur Oberfläche des darin enthaltenen Wassers, dasselbe bleibt.

Dafs an solchen Stellen, wo Wassermangel zu besorgen ist, keine Kuppelschleusen angelegt werden dürfen, und sehr kurze Strecken angemessen verbreitet werden müssen, ist bereits erwähnt. Die Regel, dafs die sämmtlichen Schleusen bis zum nächsten Speise-Canal einander gleich sein müssen, um für alle Strecken gleiche Füllmassen zu erhalten, ist nur unter der Voraussetzung begründet, dafs der sonstige Wasserverlust in diesen sämmtlichen Strecken derselbe ist, auch die Schiffe sie gleichmäfsig durchfahren. Ist dieses nicht der Fall, und tritt in den abwärts belegenen Strecken ein stärkerer Verbrauch ein, als in der obern, so ist man gezwungen, in den obern Schleusen die Schütze zu ziehn, um den Wasserspiegel der folgenden Strecke zu heben. Wenn es daher feststeht, dafs durch die hintereinander liegenden Schleusen verschiedne

Wassermassen abgeführt werden müssen, so wird eine vollständigere Benutzung derselben durch Einführung ungleicher Gefälle nützlicher sein, als wenn man in den obern Schleusen grofse Massen unbenutzt abfliefsen läfst. Besonders in solchen Fällen, wo eine grofse Anzahl von Strecken keinen neuen Zufluſs erhalten kann, dürfte auf diese Weise leicht eine Schleuse entbehrlich werden.

Sobald man weifs, welche Gefälle die Schleusen erhalten sollen, so ergiebt sich hieraus bei der bekannten Abdachung der Thäler die Länge der einzelnen Strecken. Die Stellen, wo die Schleusen zu erbauen sind, müssen indessen mit Vorsicht ausgesucht werden, damit ihre Erbauung und namentlich ihre Gründung nicht zu viele Kosten verursacht, auch ein starkes Durchquellen aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser nicht besorgt werden darf. Aufserdem hängt die Höhenlage des Canals häufig von manchen äufsern Umständen ab, wohin namentlich die Strafsenübergänge zu rechnen sind, sowie auch zuweilen Gebäude, Gärten u. dgl. Sobald in dieser Beziehung gewisse Bedingungen gestellt sind, mufs denselben durch angemefsne Verlegung der Schleusen nachgekommen werden.

Gewöhnlich verlegt man die Schleusen an solche Punkte, wo das Terrain um die Höhe des halben Schleusengefälles unter den Wasserspiegel sich senkt. Hiernach liegt das Oberwasser neben der Schleuse eben so hoch über dem Terrain, wie das Unterwasser darunter. Die Regel leidet indessen vielfache Ausnahmen, die zum Theil durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt werden. Man mufs, wenn starke Filtration zu besorgen ist, die Schleuse schon weiter aufwärts verlegen, um die Erhebung des Wasserspiegels über das angrenzende Terrain zu vermeiden. Es kommt dabei aber noch das Seitengefälle der Thäler in Betracht.

Legt man den Canal zur Seite, also auf den flach ansteigenden Rand des Thals, oder auf den Fufs der Seitenwand, so ist er vor dem Angriff des Baches zur Zeit der Anschwellungen mehr gesichert, als wenn er in gröfserer Nähe desselben läge, die Besorgnifs, dafs er das Profil des letztern beschränken möchte, tritt auch in geringerm Maafse ein. Man erreicht überdiefs den Vortheil, dafs man wegen der gröfsern Höhe des Canals die von der Seite hinzutretenden Bäche unter ihm hindurch dem Hauptbach zuführen kann. Selbst wenn es nöthig werden sollte, den Canal

von dem einen Ufer nach dem andern zu führen, so ist die Anlage des Brückencanals um so leichter und um so sicherer, in je gröfserer Höhe derselbe gehalten wird. Dagegen ist nicht zu verkennen, dafs der Fufs der Thalwände fast niemals gleichmäfsig vortritt, vielmehr sich bald zurückzieht, und dann wieder vorspringt. Man kann daher diesen nicht vollständig verfolgen, ohne den Canal übermäfsig zu verlängern, der dennoch stellenweise über die tiefe Thalsohle geführt, also mit Dämmen eingeschlossen werden mufs. Dabei kommt auch noch der Umstand in Betracht, dafs in Gebirgsgegenden eine gute Thonerde nur selten vorkommt, und höhere Dämme zu starken Filtrationen Veranlassung geben. Diese Umstände sind so wichtig, dafs man es allgemein für zweckmäfsiger hält, den Canal in die Thalsohle selbst einzuschneiden. Dazu kommt noch, dafs die Einleitung von Speisegräben, die von einer oder der andern Seite vielleicht hinzugeführt werden können, erleichtert wird, und dafs man in der Thalsohle, wenn auch nicht so fette Erde, wie in der Ebne, doch wenigstens eine brauchbare Erde für mäfsige Dammschüttungen zu finden pflegt, die jedenfalls besser ist, als das Gerölle und die Felsbrocken, die beim Ausheben des Canals auf dem Fufs der Seitenwände gewonnen werden. Die Uebelstände und Gefahren, die aus einer zu starken Beschränkung des Fluthprofils des Bachs entstehn, mufs man vermeiden, und wenn diese die Annäherung des Canals nicht gestatten, oder derselbe vielleicht auf einer Brücke über den Bach geführt werden mufs, so bleibt nur übrig, ihn in gröfserer Höhe über der Thalsohle zu halten.

In engen Thälern tritt häufig der Bach so nahe an die Bergwand, dafs vor derselben kein Raum für die Canal-Anlage bleibt. In solchem Fall mufs man entweder den Canal auf das andre Ufer führen, oder man kann auch den Bach verlegen und ihm ein andres Bett in der Mitte der Thalsohle anweisen. Das letzte Verfahren ist gemeinhin das wohlfeilere, weil man dabei den Brückencanal vermeidet. Indem man aber den Canal in das bisherige Bachbett verlegt, so ist die grofse Tiefe desselben keineswegs nachtheilig. Man pflegt sie daher auch nicht zu verschütten, und erreicht dadurch noch den Vortheil, dafs einzelne Schiffe hier liegen können, wenn der Canal behufs vorzunehmender Instandsetzungen abgelassen wird.

Bei der Abhängigkeit der Canallinie von dem Wasserstande haben die Seitenbäche, die ihn kreuzen, einen grofsen Einfluſs auf die erstrere. Wollte man diese Bäche auf der einen Seite in den Canal hinein, und gegenüber wieder heraustreten lassen, so würde nicht nur der Wasserstand zum Nachtheil der Schiffahrt sehr veränderlich sein, sondern eine Masse Geschiebe würde nach jeder Anschwellung in dem Canalbett liegen bleiben, und dasselbe vielleicht ganz anfüllen. In früherer Zeit hat man den letzten Uebelstand dadurch minder schädlich zu machen gesucht, daſs man den Canal unmittelbar neben dem Bache an beiden Seiten abschloſs, um die Verheerungen auf eine kurze Strecke zu beschränken. Gegenwärtig legt man dagegen den Canal so hoch, daſs er auf einer Brücke über den Bach fortgeführt werden kann, also die Fluthen des letztern ihn nicht berühren. In diesem Fall muſs aber der Canal sich bedeutend über die Thalsohle erheben, weil sonst das Hochwasser des Bachs ihn erreichen würde.

Aufser den bereits erwähnten Umständen giebt es noch andre, welche auf den Zug des Canals von Einfluſs sind. Beim Herabgehn von einer steilen Wasserscheide wird man zunächst mehrfache Ueberführungen über den Bach, den man verfolgt, zu vermeiden suchen. Man muſs also diejenige Thalseite wählen, welche den meisten Raum bietet, und für die ganze Anlage sich am besten eignet. Im Allgemeinen ist dieses die flachere. Zuweilen ist der Unterschied der beiden Thalwände in dieser Beziehung so auffallend, daſs die Wahl durch den ersten Anblick schon entschieden wird. Dieses ist namentlich bei schieferartigen Gesteinen und überhaupt in solchen Gebirgsarten häufig der Fall, welche parallele Schichten zeigen. Tritt aber an dieser Thalseite ein einzelner Kopf weit vor, an dem man nicht füglich vorbeikommen kann, so bleibt noch zu untersuchen, ob sich etwa mit mäſsigen Kosten eine unterirdische Strecke hindurchführen, oder der Bach zurücklegen läſst, oder aber, ob man gezwungen ist, den Canal hier über den Bach zu führen, und deshalb vielleicht die Erbauung zweier Brückencanäle das wohlfeilste Auskunftsmittel bietet.

Demnächst wäre zu erwähnen, daſs man überall, wo mehrere Linien möglich sind, diejenige wählt, welche auf festen Boden trifft, die angemeſsne Terrainhöhe hat und eine starke Filtration

nicht besorgen läfst. Wo Bäche dem Canal zugeführt werden, um ihn zu speisen, mufs man häufig auch für die Ableitung derselben unter dem Canal sorgen, damit sie bei Anschwellungen ihn nicht übermäfsig anfüllen, noch auch Sand und Geschiebe darin absetzen. Hiervon wird im Folgenden die Rede sein.

Zuweilen kommt es darauf an, bestehende industrielle Etablissements oder auch gewisse Punkte zu berühren, wo Roh-Producte gewonnen werden, wenn aber hierdurch die Ausführung zu sehr erschwert oder der Canal übermäfsig verlängert würde, so läfst sich häufig die beabsichtigte Schiffahrts-Verbindung noch durch einen Seiten-Canal darstellen, der vom Haupt-Canal abgezweigt wird, während man diesen in der passenden Linie weiter führt.

Dafs man zur Vermeidung übermäfsiger Grundentschädigungen Gebäude, Gärten und überhaupt solche Stellen umgeht, die besonders nutzbar und werthvoll sind, bedarf kaum der Erwähnung.

Sehr scharfe Krümmungen, wodurch die Schiffahrt erschwert und die Linie sehr verlängert wird, mufs man so viel wie möglich vermeiden. Ganz gerade Canalstrecken sind aber, wenn ihre Länge bedeutend wird, sogar der Schiffahrt nachtheilig, indem der Wind, sobald er in der Richtung derselben steht, und stark ist, nicht nur Wellenschlag verursacht, bei dem die Ufer leiden, sondern auch das Wasser forttreibt, und dasselbe an einem Ende anhäuft, während er es von dem andern entfernt. So ist es bei den langen und ganz geraden Strecken des Bromberger Canals vorgekommen, dafs an einem Ende derselben der Wasserstand sich so sehr senkte, dafs die Schiffe nicht fahren konnten, während am andern Ende das Wasser über die Schleusenthore nach den nächst unterhalb belegenen Strecken abfloſs.

Wenn der Canal sich an einem flach geneigten Ufer hinzieht, so kann man ihn mit gröfserer Willkür als in einem engern Thale beliebig verlegen. Es entsteht dabei vorzugsweise die Frage, welches Höhenverhältnifs zwischen dem umgebenden Terrain und dem Wasserspiegel des Canals das vortheilhafteste ist. In Bezug auf die Filtration empfiehlt es sich jedenfalls, den Canal in höherem Terrain zu halten, aber diese Rücksicht verliert ihre überwiegende Wichtigkeit, sobald die Speisung der Strecke gesichert ist und der Boden zur Darstellung dichter Dämme sich eignet. Die Erdarbeiten stellen sich aber am wohlfeilsten heraus, wenn

man die mindeste Erdmasse auszuheben, und diese in die geringste Entfernung zu transportiren braucht. Beide Bedingungen erfüllen sich, sobald man den Canal an eine Stelle verlegt, wo die Auf- und Abträge in jedem Profil sich gleich sind.

Man hat bei manchen ältern Canälen in Frankreich die Linie wirklich in dieser Weise gewählt, dabei kam indessen der Wasserspiegel so hoch über das Terrain zu liegen, dafs die Filtration sich als sehr nachtheilig zeigte, und selbst Versumpfungen auf den angrenzenden Aeckern verursacht wurden. Man darf daher gemeinhin nicht bis zu diesem Punkte thalwärts herabgehn, oder man mufs die Breite des thalseitigen Leinpfades mehr, als sonst nöthig wäre, vergröfsern, wodurch der Auftrag verstärkt wird, also bei vollständiger Ausgleichung auch der Abtrag zunimmt. Es ist indessen unmöglich, einen Canal so zu führen, dafs die erwähnte Ausgleichung überall wirklich eintritt, oder die ausgehobene Erde jedesmal in demselben Profil wieder verwendet wird. Solche Bedingung kann nur im Allgemeinen maafsgebend sein, im Einzelnen mufs man sie sehr häufig unbeachtet lassen, weil sie sonst dahin führen würde, den Canal übermäfsig zu verlängern und dadurch seine Anlage zu vertheuern. Um aber auf einem Boden, der nicht gleichmäfsig abfällt, vielmehr auffallende Unebenheiten zeigt, die passendste Linie aufzufinden, empfiehlt sich wieder die für die Scheitelstrecke angewandte Methode der Darstellung des Terrains mit den Schnittlinien von Horizontal-Ebnen.

Die Anordnung der untersten Canalstrecke, und die Bestimmung der Stelle für die nächst dem Strom belegne Schleuse, ist noch von besondrer Wichtigkeit. Der Theil des Canals, der unterhalb dieser Schleuse liegt, steht fortwährend mit dem Strom in unmittelbarer Verbindung, der Wasserstand in ihm hebt und senkt sich daher bei jedem Steigen und Fallen des Stroms. Die hierdurch veranlafste Strömung, die bei grofser Entfernung der nächsten Schleuse und bei schnellem Wasserwechsel nicht unbedeutend ist, zeigt sich schon nachtheilig für die Ufer, ein gröfserer Uebelstand wird aber dadurch herbeigeführt, dafs jedesmal in diese Strecke trübes Wasser hineinfliefst, welches, während es darin zur Ruhe kommt, die erdigen Theilchen fallen läfst, und sonach beim Zurücktreten diese nicht mehr herausführt. Hierdurch werden bedeutende Verschlammungen veranlafst, und die Beseitigung der-

selben ist um so schwieriger, je gröfser ihre Länge ist. Man bemüht sich daher, die letzte Schleuse möglichst nahe an den Strom zu legen, und sie, wenn es geschehn kann, von demselben nur so weit zu entfernen, dafs einige Schiffe in der Mündung des Canals unterhalb der Schleuse liegen können.

Der eben erwähnte Nachtheil der starken Verschlammung tritt indessen nicht allein in der untern Strecke ein, sondern zeigt sich oft, wenn auch in geringerm Grade, noch in der nächtsfolgenden. Der Wechsel des Wasserstandes im Strom ist nämlich gemeinhin bedeutender, als das Gefälle, welches man einer einfachen Schleuse geben mag. Sobald daher Hochwasser eintritt, so übersteigt dieses den normalen Wasserstand in der zweiten Canalstrecke, daher schlagen die Thore auf, und das trübe Flufswasser dringt bis zur zweiten Schleuse, vielleicht sogar bis zur dritten. Um dieses zu vermeiden, führt man, wenn es irgend geschehn kann, den Canal über wasserfreies Terrain bis in die Nähe des Stroms, und setzt ihn hier durch eine Kuppelschleuse mit letzterm in Verbindung. Jedenfalls darf der Canal auch nicht in grofser Länge in einem offnen und niedrigen Vorlande liegen, welches der Ueberströmung ausgesetzt ist, weil der quer darüber gehende Strom theils die Ufer zerstören, theils auch das Bett mit Sand und Erde anfüllen würde. Dieses geschieht auch gewöhnlich in dem untern Theil des Canals, der im Flufsthal liegt. Wenn aber ein wasserfreies Hochufer das niedrige Terrain unterbricht und bis an das Strombett tritt, so pflegt neben demselben zur Zeit des Hochwassers eine kräftige Strömung sich zu bilden, die gemeinhin schon eine tiefere Wasserrinne erzeugt, die sich auch dauernd erhält. Solche Stellen eignen sich vorzugsweise zur Mündung des Canals. Man kann dasselbe auch erreichen, wenn man die beiderseitigen Dämme in wasserfreier Höhe bis an das Strombett führt, doch sind dergleichen Störungen der bisherigen Fluthverhältnisse meist nachtheilig, und pflegen sogleich bedeutende Entschädigungsforderungen zu veranlassen.

Ist das niedrige Stromufer eingedeicht, so mufs jedenfalls die Schleuse in der Deichlinie liegen, auch mit Fluththoren versehn sein, die eben so hoch wie der Deich sind, damit sie das Hochwasser vollständig abhalten.

Endlich ist es noch von grofser Wichtigkeit, den Canal an

einer Stelle in den Strom münden zu lassen, wo keine Sand- oder Kiesablagerungen eintreten. Die Verflachungen in der untern Strecke sind freilich nicht zu vermeiden, und müssen durch Baggern beseitigt werden. Sie sind aber weniger störend, weil sie sich nur nach und nach bilden. Dagegen verschwindet eine ausgebaggerte Rinne in sehr kurzer Zeit wieder vollständig, wenn sie an einer Stelle dargestellt war, wo der Strom bei gewissen Wasserständen grofse Massen von Sand und Kies ablagert. Dergleichen Stellen dürfen daher nicht zwischen der eigentlichen Fahrrinne und der Mündung des Canals liegen. Man vermeidet dieses am sichersten wenn man letztere in ein regelmäfsig ausgebautes concaves Ufer verlegt. Die Aufgabe ist genau dieselbe, wie bei der Darstellung einer stets zugänglichen Hafenmündung (§. 61). In beiden Fällen ist es auch vortheilhaft, die Mündung stromabwärts zu kehren, um theils die Tiefe sicherer zu erhalten, theils auch um das Ein- und Ausfahren der Schiffe zu erleichtern.

§. 83.

Querprofile der Canäle.

Der Wasserstand im Canal mufs so grofs sein, dafs die darauf fahrenden Schiffe, wenn sie beladen sind, die Sohle nicht berühren. Derselbe ist aber in den einzelnen Strecken constant, wenn die Speisung der Scheitelstrecke so vollständig gesichert ist, dafs selbst bei anhaltender Dürre die verschiedenen Verluste, von denen oben die Rede war, ersetzt werden können. Man findet daher aus der bekannten gröfsten Einsenkung der Schiffe und aus der bereits festgestellten Höhenlage des Wasserspiegels diejenige Höhe der Sohle, die nicht überschritten werden darf. Dabei mufs man jedoch auf die nicht zu vermeidenden Sand-Ablagerungen und sonstigen Verflachungen Rücksicht nehmen. Damit diese nicht sogleich die Schiffahrt unterbrechen, auch häufige Räumungen vermieden werden, pflegt man nach einer ziemlich allgemein angenommenen Regel, die Sohle sowohl bei der ersten Anlage des Canals, als auch bei jeder spätern Räumung, um einen Fufs tiefer zu legen, als die Schiffahrt unmittelbar fordert. Oft geht man bei der ersten Anlage noch weiter, indem man die Tiefe aufserdem noch etwa um 6 Zoll

vergröfsert. Dieses geschieht namentlich bei Bodenarten, die eine starke Filtration besorgen lassen, und der Zweck ist dabei kein andrer, als dafs man einen Raum darstellen will, worin ein thoniger Niederschlag sich bilden kann, der bei spätern Räumungen nicht berührt wird, vielmehr hier dauernd liegen bleibt.

Die Sohle des Canals pflegt in der ganzen Länge einer Haltung, also bis zur nächsten Schleuse horizontal zu sein, und so tief zu liegen, dafs unter dem Boden eines beladenen Schiffes überall ein freier Raum von 1 Fufs Höhe bleibt. Nichts desto weniger weicht man von dieser Regel zuweilen ab, und giebt in einer langen Strecke der Sohle ein sehr geringes Längengefälle. Diese Anordnung begründet sich dadurch, dafs in dem Canal nicht fortwährend stehendes Wasser vorkommt, vielmehr die Verluste durch Filtration und Verdunstung ersetzt werden müssen, und bei häufigem Durchschleusen der Schiffe sogar noch bedeutendere Wassermassen die ganze Länge der Strecke durchfliefsen. So lange aber eine Bewegung oder eine schwache Strömung stattfindet, so ist die freie Oberfläche nicht horizontal, sondern etwas geneigt. Indem man daher der Sohle ein geringes Gefälle giebt, so stellt man nur den Parallelismus zwischen ihr und dem Wasserspiegel dar, oder man gleicht die Verschiedenheit der Tiefe aus. Die Neigung, welche die Oberfläche selbst im ungünstigsten Falle annimmt, ist indessen so geringe, dafs ihr Einfluſs auf die verschiedene Tiefe bei horizontaler Sohle sich beinahe gar nicht erkennen läfst. Dagegen giebt es noch einen andern wichtigern Grund für die Einführung eines geringen Gefälles, und dieser bezieht sich auf die Beförderung des Abflusses, wenn man die Strecke trocken legen will. Ist der Boden ganz horizontal gehalten, so ist es offenbar sehr schwierig, alles Wasser daraus zu entfernen, aber wenn auch nur ein geringes Gefälle eingeführt ist, so befördert dieses schon merklich den Abfluſs. Woltman empfiehlt, zu diesem Zweck die Sohle auf 1000 Fufs Länge um den achten Theil eines Zolls, also auf die Meile um 3 Zoll abfallen zu lassen. Bei französischen Canälen geschieht dieses wirklich.

Die Breite des Canals bestimmt sich zunächst durch die Bedingung, dafs überall hinreichender Raum sein mufs, damit zwei Schiffe bequem neben einander vorbeifahren können. Indem die

Seitenwände aber im Allgemeinen nur aus Erd-Dossirungen bestehn, und daher nicht senkrecht, sondern flach geneigt sind, so mufs diese Bedingung dahin ausgedehnt werden, dafs auch beladne Schiffe weder einander noch die Dossirungen der Ufer berühren. Aus diesem Grunde giebt man gemeinhin der Sohle die doppelte Breite der Schleusenweite.

Dabei entsteht die Frage, ob diese Breite als genügend angesehn werden darf, und ob es nicht vielleicht nöthig ist, eine noch gröfsere Profil-Fläche zu wählen, um den Widerstand der Schiffe zu vermindern. Jedenfalls ist es aber mit wenigen Ausnahmen wohlfeiler und in andrer Beziehung auch vortheilhafter, die Vergröfserung des Profils durch weitere Ausdehnung der Breite als der Tiefe darzustellen.

Dafs ein sehr enger Canal, dessen Profil nur um Weniges gröfser als das Profil des Schiffes ist, einen sehr grofsen Widerstand der Bewegung entgegensetzt, indem vor dem letztern das Wasser stark anschwillt, ist bekannt. Man bemerkt auch, dafs an Stellen, die zur Seite stark verwachsen sind, eine gröfsere Anstrengung der Pferde oder Menschen erforderlich ist, die das Schiff ziehn, oder dafs die Geschwindigkeit des letztern sich auffallend vermindert, sobald es eine solche verengte Stelle durchfährt. Der Grund dieser Erscheinung ist augenscheinlich darin zu suchen, dafs die vom Schiff verdrängte Wassermenge, die an demselben vorbeifliefst, um den Raum zu füllen, den das Schiff so eben einnahm, in den verengten Profilen mit gröfserer Geschwindigkeit fliefsen mufs, und diese nur dadurch erzeugt werden kann, dafs im Wasserstande vor und hinter dem Schiff eine bedeutendere Niveau-Differenz entsteht, die einen Gegendruck gegen die Bewegung des Schiffs verursacht, oder den Widerstand vermehrt.

Dubuat*) hat an verschiednen Modellen von Schiffen, deren eintauchende Theile Querschnitte von 1 bis 2 Quadratfufs hatten, die Widerstände sowohl in Canälen von verschiedner Weite, als auch im offnen Wasser gemessen, und indem er sich bemühte, einen analytischen Ausdruck darzustellen, der ungefähr den Beobachtungen entsprach, so gelangte er zu dem Resultat, dafs bei

*) *Principes d'hydraulique* II. § 579.

gleicher Geschwindigkeit der Widerstand in einem Canal sich zu dem im offnen Wasser, wie

$$8{,}46 : 2 + \frac{Q}{q}$$

verhält. Dabei bedeutet Q den Querschnitt des Canals und q den gröfsten Querschnitt des eintauchenden Theils vom Schiffe. Eine allgemeine Gültigkeit kann man von dieser Formel nicht erwarten, da sie zu dem augenscheinlich falschen Resultat führt, dafs in einem Canal, dessen Querschnitt den des Schiffes um das Sechsfache oder noch mehr übertrifft, der Widerstand geringer als im offnen Wasser wird, und bei weiterm Anwachsen des Querschnitts q der Widerstand sich sogar bis auf jeden beliebig kleinen Theil desjenigen Widerstands ermäfsigt, der im offnen Wasser, also in einem Canal von unendlicher Breite stattfindet.

Nach manchen Erfahrungen darf man annehmen, dafs eine starke Vergröfserung des Widerstands nur in sehr engen Canälen eintritt, dafs dieselbe aber schon ziemlich gering wird, wenn der Querschnitt des Canals dreimal so grofs, als der des Schiffes ist, und dafs bei dem Verhältnifs von 5 zu 1 der Widerstand schon mit dem in offnem Wasser nahe übereinstimmt. Wenn die Breite, wie oben erörtert, so grofs angenommen wird, dafs zwei beladne Schiffe an einander bequem vorbeifahren können, und aufserdem noch unter ihren Böden ein Raum von 1 Fufs Höhe frei bleibt, so stellt sich mit Rücksicht auf die Dossirungen der Ufer jenes Verhältnifs selbst für beladne Schiffe schon nahe wie 4 : 1, für leere übersteigt es dagegen bei Weitem dasjenige Verhältnifs, für welches der Widerstand dem in offnem Wasser gleich wird. Hiernach ist im Allgemeinen keine Veranlassung vorhanden, behufs der Verminderung des Widerstands noch eine weitre Verbreitung des Canals einzuführen.

Die vorstehende Untersuchung über die Profilweite bezieht sich nur auf solche Theile des Canals, wo nicht besondre Umstände eine Verengung oder Verbreitung fordern. Das Erste findet statt, wenn der Raum sehr beschränkt ist, oder die gehörige Verbreitung sehr kostbar sein würde. Dieses ist der Fall unter massiven Brücken, auch häufig in Gebirgsgegenden, wo entweder steile Felswände nahe an den Bach treten, also für den dazwischen zu erbauenden Canal nur ein schmaler Raum übrig bleibt. Ebenso

auch, wenn der Canal auf dem Abhange eines steilen Ufers ausgeführt werden muſs, oder wenn einzelne wichtige Gebäude, Straſsen u. dgl. seine gehörige Verbreitung verhindern. In solchen Fällen ersetzt man die flachen Erddossirungen durch Mauern, die nach Bedürfniſs entweder wenig geböscht oder senkrecht aufgeführt sind. Zuweilen genügt selbst das Letzte noch nicht, und alsdann muſs man sich entschlieſsen, die Beschränkung der Breite selbst auf die Sohle auszudehnen. Ist die Stelle nicht lang, wo die Verengung eingeführt wird, so ist letztere auch nicht wesentlich hinderlich. Ihre Erfolge sind nur, daſs der Widerstand beim Durchziehn der Schiffe sich etwas vergröſsert, oder deren Geschwindigkeit sich vermindert. Gelangt das Schiff bald wieder in ein weiteres Profil, so ist der verursachte Aufenthalt nicht von Bedeutung. Man wird aber, wenn es irgend vermieden werden kann, die Verengung nicht so weit, als in den Häuptern der Schleusen treiben. Falls dieses aber dennoch nöthig wäre, muſs man durch Vertiefung eine Vergröſserung des Profils einführen, damit das Wasser beim Schiffe vorbei flieſsen kann. In den Schleusenhäuptern selbst ist eine solche Verengung zwar nicht zu vermeiden, aber die sehr geringe Geschwindigkeit, womit alle Schiffe daselbst hindurchgehn, hebt deren nachtheilige Wirkung auf, was an andern Strecken, wo die Schiffe nicht zum Stillstand gebracht werden sollen, keineswegs der Fall ist. Unter den Brücken und überall, wo Verengungen nöthig sind, pflegt man die anderthalbfache Breite des Schiffs zu wählen, wobei ein Begegnen oder Vorbeifahren freilich nicht möglich ist. Damit dieser Uebelstand aber bei gröſserer Länge der Verengung nicht zu nachtheilig werde, muſs man, wo die Gelegenheit es irgend gestattet, Ausweiche-Stellen anbringen.

Auch zur Verbreitung des Profils giebt es oft Veranlassung. Zuweilen ist die Anlage eines breitern Canals wohlfeiler, als die eines engern, namentlich wenn das Terrain tief ist, und es an der zur Ausfüllung nöthigen Erdmasse fehlt. Dieser Fall ereignet sich zuweilen selbst in Gebirgsgegenden, in den Niederungen oder in Marschen kommt er häufig vor. Man gewinnt daselbst beim Ausgraben des Bettes so wenig Erde, daſs man eine groſse Breite wählen muſs, um den zur Darstellung der Dämme erforderlichen Bedarf zu decken. Dabei kommt freilich der Umstand in Betracht, daſs der Boden in diesem Fall sehr werthvoll zu sein pflegt, und

man vielleicht bedeutende Kosten zur Beischaffung der Erde aus weitrer Entfernung verwenden darf, um die Fläche, die man der Cultur entzieht, möglichst zu vermindern.

Von einer andern Veranlassung zur Vergröfserung der Breite ist bereits (§ 81) die Rede gewesen. In sehr kurzen Haltungen wird nämlich eine solche nothwendig, um der Wasserfläche die nöthige Ausdehnung zu geben, damit eine und mehrere Füllmassen darin aufgenommen, oder davon abgelassen werden können, ohne den Wasserstand in nachtheiliger Weise zu heben, oder zu senken. In ähnlicher Art mufs man auch diejenigen Schiffahrts-Canäle, die zugleich Entwässerungs-Gräben von Niederungen sind, so breit machen, dafs sie diesen Zweck vollständig erfüllen. Besonders tritt dieses Bedürfnifs ein, wenn der Canal durch ein Siel in die See mündet, welches sich nur zur Zeit des niedrigen Wassers öffnet, also während der Fluth geschlossen bleibt. Ist der Canal an der Binnenseite des Siels sehr weit, so bietet er hinreichenden Raum, dafs auch längere Zeit nach dem jedesmaligen Schlufs der Thore das Wasser aus der Niederung ihm zufliefsen kann, und sobald das äufsere Wasser sich hinreichend tief gesenkt hat, so führt er die ganze angesammelte Masse hier schnell ab. Eine Verbreitung zu diesem Zweck ist um so dringender, je kürzer die Dauer der jedesmaligen Auswässerung ist, oder je niedriger das Land gegen den Meeresspiegel liegt.

Indem die Siele häufig so eingerichtet sind, dafs auch Schiffe hindurch fahren können, dieses aber immer nur während der kurzen Zeit statt findet, wo der äufsere und innere Wasserstand nahe gleiche Höhe haben, so ist die Verbreitung des Binnen-Canals auch noch deshalb nothwendig, um eine Art von Hafen zu bilden, worin die Schiffe diesen Zeitpunkt abwarten können.

Demnächst müssen an solchen Stellen, wo Schiffe zum Laden oder Löschen häufig anlegen, die betreffenden Ufer so weit zurückgezogen werden, dafs die Schiffe nicht in das normale Profil vortreten. Man nennt diese Erweiterungen Canal-Häfen. Wenn aber, namentlich in oder neben gröfsern Orten, die Schiffe bald hier, bald dort an beide Ufer anlegen, so mufs die Breite so grofs angenommen werden, dafs vor jedem Ufer ein Schiff liegen und dazwischen zwei andre sich begegnen können.

Auch vor den Schleusen ist, in mehrfacher Beziehung eine

Verbreitung des Canals sehr nützlich. Eines Theils fordert solche schon die Ansammlung der Schiffe, die bei lebhaftem Verkehr hier besonders häufig eintritt. Sodann senkt sich auch beim plötzlichen Oeffnen der Schütze in den Oberthoren der Wasserstand in einem engen Ober-Canal so bedeutend, dafs die Schiffe sich leicht auf den Grund oder auf die Dossirungen aufstellen (§. 59). Dieses wird vermieden, wenn der Canal breiter ist, und schneller das Wasser hinzufliefst, also die momentane Senkung des Niveaus neben der Schleuse geringer wird. Endlich tritt bei der gewöhnlichen Anordnung noch eine grofse Verzögerung im Aus- und Einfahren der Schiffe nach der Schleuse ein, weil das ausgehende Schiff dem einfahrenden zuvor im Canal begegnen mufs, ehe letzteres zur Schleuse gelangt. Das Schleusenhaupt ist so schmal, dafs das Schiff beim Austreten sich nur in der Richtung der Schleusenachse bewegt, die gemeinhin in die Mittellinie des Canals fällt. Wenn letzterer daher nur die gewöhnliche Breite hat, so ist ein Vorbeifahren oder Entgegenkommen der Schiffe nicht früher möglich, als bis das Erste schon vollständig die Schleuse verlassen hat, und an das Ufer gezogen ist. Das entgegen kommende Schiff mufs daher in einer Entfernung, die gröfser als die Länge des Schiffes ist, vor der Schleuse warten, Minard empfiehlt aus diesem Grunde, die Achse der Schleuse nicht mit der des Canals zusammenfallen zu lassen, sie vielmehr so weit seitwärts zu verlegen, dafs das herauskommende Schiff ohne seine Richtung zu verändern, schon in die Nähe des einen Ufers geführt wird, also den Raum frei läfst, den ein andres braucht, um sich der Schleuse zu nähern. Der Vorschlag erscheint ganz angemessen, wenn eine Verbreitung des Canals nicht zulässig sein sollte.

Endlich mufs man auch dafür sorgen, dafs in gewissen Entfernungen, vielleicht von einer halben deutschen Meile, und namentlich in der Nähe solcher Punkte, wo Frachten eingenommen oder gelöscht werden, die Canäle sich so weit verbreiten, dafs die Schiffe daselbst wenden oder in die entgegengesetzte Richtung gestellt werden können.

Die Dossirung der Seitenwände des Canals hängt vorzugsweise von der Beschaffenheit des Bodens ab. Besteht dieser aus gewachsenem Felsen, so kann man die Wände oft senkrecht aufführen, gewöhnliche Erde verlangt aber eine flache Neigung,

und wenn vollends der Boden sehr lose und beinahe flüssig ist, so erhält er sich nur, wenn er sehr flach abgestochen oder aufgeschüttet wird. Bei den verschiednen am häufigsten vorkommenden Erdarten, die sich namentlich durch den stärkern oder schwächern Zusatz an Sand von einander unterscheiden, sind die Böschungen zwar bald etwas steiler und bald flacher, diese Unterschiede sind indessen nicht grofs, indem selbst für die festeste Erde eine einfache Anlage nicht genügt, und dagegen die zweifache Anlage auch in sehr leichtem Boden, wenn derselbe über Wasser mit Rasen bedeckt oder auf andre Weise gesichert wird, hinreichend ist. Jedenfalls wird ein Canal durch die starke Abflachung der Böschungen sehr vertheuert, indem dadurch theils seine Breite, und sonach auch die Gröfse der anzukaufenden Grundstücke zunimmt, theils aber auch die Erdarbeiten bedeutender werden. Man mufs deshalb in jedem Falle sich bemühn, die Böschungen so steil zu halten, wie dieses mit Rücksicht auf die Consistenz des Bodens irgend zulässig ist.

Bei den Englischen Canälen haben die innern Böschungen fast ohne Ausnahme nur die $1\frac{1}{2}$ fache Anlage, auch in Frankreich und Nord-America giebt man ihnen keine flachere Neigung, und wenn dabei hin und wieder auch Abbrüche sich zeigen, so findet man es vortheilhafter, diese durch eine solide Deckung wieder auszubessern, als überall die kostbare Abflachung der Ufer gleich anfangs zu wählen. Bei uns pflegt man die Dossirungen flacher zu machen. Zweifache, dreifache und selbst noch gröfsere Anlagen kommen nicht selten vor, und man wählt sie, weil steilere Böschungen in der Höhe des Wasserspiegels oft abbrechen, und dadurch aufser der Beschädigung der Ufer auch Verflachungen veranlafst werden. Obwohl diese Abbrüche allerdings um so leichter entstehn, und sich auch um so leichter ausdehnen, je steiler die Ufer sind, so fehlen sie doch auch keineswegs bei flachen Ufern, da sie durch äufsere Ursachen veranlafst werden. Namentlich giebt der Wellenschlag, der theils vom Winde, theils auch von den vorbeifahrenden Schiffen herrührt, gewöhnlich die Veranlassung zu ihrem Entstehn und zu ihrer Vergröfserung. Indem aber die Erde in der Höhe des Wasserstandes abbricht, so bildet sich daselbst eine steilere Abstufung, und das gelöste Material stürzt längs der

Dossirung herab, so dafs diese in der Nähe der Canalsohle flacher wird, als sie ursprünglich war.

Ein andrer Grund der Beschädigung der Dossirungen ist der Wechsel des Wasserstandes. Solcher kommt zwar bei den meisten Schiffahrts-Canälen nicht vor, weil die Zuflüsse nur nach dem Bedürfnifs der Schiffahrt regulirt, und ganz unterbrochen werden, sobald der normale Wasserstand dargestellt ist. Anders verhält es sich jedoch mit solchen Canälen, die zugleich Fluthgräben sind, und dadurch theils unmittelbar durch die Strömung leiden, noch mehr aber dadurch, dafs der Wasserstand einem bedeutenden Wechsel unterworfen ist. Indem nämlich bei höherm Stande die Ufer stark durchnäfst werden, und das eingesogene Wasser beim Wiedereintritt des niedrigern Standes ausfliefst, so reifst es die Erdtheilchen mit sich fort, und es zeigen sich oft in kurzer Zeit bedeutende Uferbrüche.

Hiernach rechtfertigt sich auch die Vorsicht bei vorkommenden Ausbesserungen die Canalstrecken nicht zu entleeren, vielmehr die nöthige Vertiefung durch Baggern zu bewirken, auch die Schleusen, wenn sie trocken gelegt werden müssen, durch Fangedämme abzusperren, wozu in den meisten Fällen die Dammfalze benutzt werden können. Die Trockenlegung einer Canalstrecke ist besonders bedenklich, wenn viele Quellen hineintreten. Neben der Mündung derselben pflegen die Ufer alsdann stark abzubrechen, wie dieses auch schon beim ersten Ausgraben einer solchen Strecke geschieht. Die Beschädigungen sind vor der Füllung mit Wasser oft so bedeutend, und wiederholen sich so häufig, dafs die gröfste Besorgnifs wegen der spätern Unterhaltung sich zu begründen scheint, und man wohl vermuthet, dafs die Dossirungen zu steil gewählt waren. Ein solcher Zustand ist aber nicht dauernd, denn sobald die Strecke mit Wasser angefüllt wird, tritt der Druck des letztern dem des Quellwassers entgegen und das Gleichgewicht der Ufer ist gemeinhin wieder hergestellt. Aus diesem Grnnde ist es sogar vortheilhafter, in solchem Fall schon die erste Vertiefung durch Baggern, als durch Graben zu bewirken.

Zur Vermeidung jener Beschädigungen in der Höhe des Wasserstandes hat man oft ein andres Mittel angewendet. Man bringt nämlich etwas unter dem Wasserspiegel Bankete oder Bermen von

geringer Breite an. Sie sind gemeinhin nur 3 Fuſs breit, und oft noch schmäler, und liegen etwa 6 Zoll unter dem Wasserspiegel. Man bepflanzt sie mit Schilf und andern Wasserpflanzen, die darauf auch gut zu gedeihn pflegen, und theils dazu dienen, den Wellenschlag zu mäſsigen, der durch die geringe Wassertiefe über der Berme etwas geschwächt wird, theils aber fangen sie auch die von oben herabfallenden, oder vom Regenwasser mitgeführten Erdtheilchen auf. Der Zweck der Bermen ist also theils durch Schwächung des Wellenschlages den Uferbeschädigungen vorzubeugen, theils aber, wenn diese dennoch eintreten, oder wenn aus andrer Veranlassung Erde herabfallen sollte, letztere in so geringer Tiefe aufzufangen, daſs sie mit Leichtigkeit wieder abgegraben werden kann.

Ueber den Nutzen dieser Bermen sind dennoch die Ansichten sehr verschieden. Aus mehreren Französischen Canälen, wo man sie ursprünglich angebracht hatte, sind sie verschwunden, und oft genug hält man sie für ganz nutzlos, und sogar für schädlich, insofern sie die Breite des anzukaufenden Grundes vergröſsern. Daſs sie selbst Beschädigungen ausgesetzt sind, namentlich bei frequenter Schiffahrt, leidet keinen Zweifel, indem die leeren Schiffe oft vom Winde darauf geworfen werden, und die Bermen mit den Pflanzungen zerstören. Noch mehr leiden sie vom Vieh, wenn es an der nöthigen Aufsicht mangelt. Dieses hält sich nämlich in Sommertagen besonders gern auf den Bermen auf, und verdirbt dabei nicht nur die Pflanzungen, sondern erweicht auch den durchnäſsten und lockern Boden so vollständig, daſs er bald in die Tiefe herabstürzt. In manchen neuern Französischen Canälen hat man indessen Bermen wieder angebracht. In Englischen Canälen kommen solche nie vor, dagegen wendet man bei diesen ganz gewöhnlich noch andre Mittel an, um den Abbruch der Ufer zu verhindern, die später bei Gelegenheit der Erdarbeiten beschrieben werden sollen.

Dem Abbruch der Ufer wird vorzugsweise dadurch begegnet, daſs man dieselben neben dem Canal möglichst niedrig hält. An einer Seite liegt der Leinpfad, und wenn solcher an der andern Seite nicht vorhanden ist, so pflegt man doch daselbst einen, wenn auch nur schmalen, Fuſsweg anzulegen, um auch hier, so oft es nöthig ist, zum Canal gelangen zu können. Beide Pfade hält

man nur in solcher Höhe, dafs sie nicht mit Wasser durchzogen bleiben. Hierzu genügt es, wenn sie 1½ bis 2 Fufs über den Wasserspiegel des Canals sich erheben. Für den Leinenzug sind sie alsdann sogar bequemer, als wenn sie höher liegen.

Wenn ein solcher Pfad durch Aufschüttung gebildet ist, so braucht er landseitig mit keinem Graben versehn zu werden, wiewohl dieses zuweilen aus andern Gründen geschieht, und seine Dossirung, die keinen Beschädigungen ausgesetzt zu sein pflegt, macht man hier so steil, als die Beschaffenheit des Bodens irgend gestattet, und giebt ihr häufig nur die 1½fache Anlage. Hinter denjenigen Pfaden, die im Abtrage liegen, müssen dagegen Gräben angebracht werden, um das Bergwasser aufzufangen und abzuleiten, weil dasselbe, wenn es über den Pfad in den Canal fliefsen sollte, den ersten beschädigen und den letztern durch die Erde, die es mit sich führt, verflachen würde. Der Graben dient hier aber auch noch zum Abfangen der Quellen, und er erfüllt diesen Zweck um so sichrer, je tiefer er liegt. Wenn man ihn aber auch nur einen Fufs tief macht, so liegt seine Sohle schon nahe über dem Wasserspiegel des Canals. Die in ihn tretenden Quellen und andern Wasserläufe beschädigen freilich seine Ufer und füllen sein Bett in ähnlicher Weise an, wie es geschehn würde, wenn sie sich in den Canal ergiefsen, nichts desto weniger wird aber in diesem Fall der Vortheil erreicht, dafs die Beschädigung und Sand- und Kies-Ablagerungen nicht in der Tiefe und unter Wasser vorkommen, vielmehr in dem flachen Graben, der nur selten ganz mit Wasser gefüllt und oft trocken ist.

Die Böschung, welche sich hinter dem Graben erhebt, kann in vielen Fällen noch etwas steiler, als die äufsere Böschung der aufgeschütteten Dämme gehalten werden, weil sie in dem abgelagerten Boden eingeschnitten wird. Bei grofser Höhe ändert sich indessen dieses Verhältnifs, und alsdann mufs man sie sehr flach halten, auch in andrer Weise sichern, damit keine Abstürzungen erfolgen. Hiervon wird wieder später bei Gelegenheit der Erdarbeiten die Rede sein.

Die Fig. 364, 365 und 366 auf Taf. LIII zeigen verschiedene Canalprofile. Die beiden ersten beziehn sich auf Canäle in England, Fig. 366 ist aber das Profil des Marne-Rhein-Canals und

zwar für eine Stelle, die sich auf dem Abhang hinzieht, daher theils im Auftrage und theils im Abtrage liegt.

Die Canalschiffe werden fast überall durch Pferde gezogen. Die Anzahl der Pferde, die vor ein Schiff gespannt werden, ist aber von der Gröfse des letztern und von dem Gewicht der Ladung abhängig. Mehr als zwei Pferde sieht man nur selten vor einem Schiffe, weil die Canäle nur stehendes Wasser enthalten, also keine Strömung zu überwinden ist. In England, wo die Canalschiffe, wie bereits erwähnt, ziemlich schmal sind, werden sie jedesmal nur von einem Pferde gezogen, und häufig zieht sogar ein Pferd mehrere Schiffe. Die Breite des Leinpfades ist von der Anzahl der Pferde abhängig. Für ein Pferd genügt die Breite von 8 Fufs, äufsersten Falls sogar von 6 Fufs, wie bei vielen Englischen Canälen, doch müssen alsdann auf beiden Ufern Leinpfade eingerichtet sein. Werden dagegen die Schiffe von demselben Leinpfade aus nach beiden Richtungen gezogen, oder zwei Pferde vor ein Schiff gespannt, so mufs die Breite mindestens 10 Fufs betragen. Soll der Pfad nur durch Menschen betreten werden, von denen oft mehrere hinter einander dieselbe Leine ziehn, so kann man nicht füglich den Pfad schmaler, als sechs Fufs machen, doch genügt die Hälfte schon, wenn derselbe nicht zum Ziehn der Schiffe bestimmt ist, vielmehr nur dazu dient, um an jede Stelle des Canals gelangen zu können.

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Mehrkosten bei Anlage von zwei Leinpfaden nicht bedeutend sind, insofern der eine derselben doch durch einen Fufspfad ersetzt werden müfste. Dagegen kann andrerseits der zweite Leinpfad auch ohne sonderliche Erschwerung der Schiffahrt entbehrt werden. Die Englischen Canäle sind grofsentheils nur mit einem versehn, und das Begegnen zweier Schiffe erfolgt, ohne dafs eine Leine gelöst, oder auch nur ein Schiff zum Stillstand gebracht werden dürfte. Dasjenige Pferd, welches das auswärts fahrende Schiff zieht, geht nämlich, sobald das andre ihm begegnet, etwas langsamer. Dadurch senkt sich die Leine, und das zweite Pferd geht darüber fort, während auch zugleich das zugehörige Schiff, welches neben dem Leinpfade bleibt, über die lose Leine gleitet. Der Aufenthalt und die Störung der Fahrt ist demnach nur unbedeutend, doch müssen bestimmte Vorschriften erlassen sein, aus denen sich ergiebt, welches Schiff neben

dem Leinpfade bleiben, und welches sich davon entfernen soll. Nichts desto weniger kann bei heftigem Winde das Vorbeifahren in dieser Weise schwierig und sogar gefährlich werden, und es ist daher für den Betrieb der Schiffahrt etwas vortheilhafter, wenn der Canal mit zwei Leinpfaden versehn ist, und auf dem einen in einer Richtung, auf dem andern aber in entgegengesetzter gezogen wird.

Noch wäre zu erwähnen, dafs man einen einzelnen Leinpfad an derjenigen Seite des Canals anzulegen pflegt, die dem herrschenden Winde zugekehrt ist. Die Leine zieht nämlich jedesmal das Schiff nach der Seite des Leinpfades hin, und diesem Seitenzuge kann nur dadurch begegnet werden, dafs man das Schiff mittelst des Ruders etwas nach der andern Seite wendet. Wenn daher auch der Wind das Schiff in derselben Richtung seitwärts treibt, wie die Leine, so mufs es noch weiter abgekehrt werden, wobei es leicht das Vorübergehn eines andern Schiffs behindert, jedenfalls aber der Zug verstärkt werden mufs In vielen Fällen ist es schwer zu bestimmen, ob der Wind häufiger von der einen als von der andern Seite weht. Alsdann thut man wohl, den Leinpfad auf die Thalseite zu legen, oder auf dasjenige Ufer, das vorzugsweise durch Auftrag dargestellt ist. Dieses begründet sich dadurch, dafs die Bergseite den darüber streichenden Wind schon mehr vom Canal abhält, und aufserdem ist das Betreten des aufgeschütteten Dammes durch Pferde auch in mancher Beziehung für die Erhaltung der Wasserdichtigkeit desselben vortheilhaft. Die gröfsere Breite, die dieser Damm zur Sicherung gegen ein zu starkes Durchquellen des Wassers erhalten mufs, macht denselben aber auch gemeinhin schon zur Benutzung als Leinpfad geeignet, während die Anlage eines solchen auf der andern Seite gröfsere Kosten verursachen würde.

Der Seitengräben ist bereits Erwähnung geschehn, auch bemerkt worden, dafs dieselben auf der Bergseite nothwendig sind, um das herabfliefsende Wasser vom unmittelbaren Eintritt in den Canal abzuhalten. Gemeinhin führt man das Wasser, welches sie auffangen, gar nicht in den Canal, vielmehr mittelst Durchlässen unter demselben fort nach dem im Thal fliefsenden Bach. Wo das Terrain es erfordert, wird das Wasser in Fallkessel gestürzt welche in die Durchlässe münden.

Auf der Thalseite fehlen gemeinhin die Seitengräben, weil die

Wassermenge, welche bei starkem Regen von der äufsern Dossirung des Leinpfades abfliefst, zu unbedeutend ist, als dafs sie eine solche Anlage erforderte. Eine Ausnahme findet aber statt, wenn die Filtration aus dem Canal sehr stark ist, und man theils das nebenliegende Terrain vor Versumpfung schützen, theils auch das Quellwasser nicht ganz verlieren, vielmehr dasselbe der nächst unterhalb belegnen Strecke wieder zuführen will. Wie wichtig beide Gründe auch sind, so darf dennoch nicht übersehn werden, dafs durch solche Erleichterung des Abflusses die Ergiebigkeit der Quellen verstärkt, also die Filtration vermehrt wird. Letztere wird nämlich nach dem, was früher darüber mitgetheilt ist, um so bedeutender, je gröfser die Niveaudifferenz in den beiderseitigen Wasserständen ist. Durch Anlage des Seitengrabens auf der Thalseite senkt man aber den untern Wasserspiegel, und erleichtert sonach die Bildung der Quellen.

§. 84.

Speisung und Entlastung der Canäle.

Welche Wassermenge ein Schiffahrts-Canal braucht, um die erforderliche Fahrtiefe dauernd zu behalten, ist bereits untersucht worden (§ 81), auch ist schon darauf aufmerksam gemacht, dafs der Ueberschufs an Wasser in einer Jahreszeit gegen den Mangel in einer andern im Canal selbst sich nicht ausgleicht, man vielmehr die Zeit der anhaltenden Dürre in Betracht ziehn mufs, weil in dieser nicht nur die Zuflüsse am geringsten sind, sondern auch der Bedarf am gröfsten wird.

Ergiebt es sich, dafs die Wassermenge eines Baches alsdann nicht genügt, auch die Scheitelstrecke nicht soweit gesenkt werden kann, dafs noch andre Quellen dem Canal sich zuweisen lassen, so mufs man versuchen, ob durch besondre Anordnungen der Mangel zu decken, oder der Bedarf zu mäfsigen ist.

Zuweilen bietet sich Gelegenheit, ausgedehnte und tiefe Reservoire anzulegen, worin grofse Wassermassen angesammelt werden können, während der Canal vollständig gefüllt ist, man diese also unbenutzt müfste ablaufen lassen. Wenn man, wie bereits erwähnt, auch keineswegs erwarten darf, die ganze aufgefan-

gene Wassermasse dem Canal später wieder zuzuführen, so stellen sich dabei dennoch manche Vortheile heraus. Hieher gehört zunächst die vollständige Reinheit des Wassers, aus welchem während der vorhergehenden Ruhe alle erdigen Theilchen zu Boden gesunken sind. Demnächst auch der Umstand, dafs man in aufserordentlichen Fällen beliebig grofse Quantitäten sehr schnell dem Canal zuführen kann. Dieses würde zum Beispiel nöthig sein, wenn die Frequenz zufällig an einzelnen Tagen sich besonders steigert, oder wenn vielleicht eine Canalstrecke abgelassen ist, und es darauf ankommt, behufs der Wiedereröffnung der Schiffahrt sie schleunigst zu füllen.

Zuweilen werden die Scheitelstrecken der Canäle mittelst kräftiger Wasserhebungs-Maschinen gespeist. Dieses geschieht unter Andern auf dem Grand-Junction-Canal in England, dem Sambre-Oise-Canal in Frankreich, dem Canal zwischen Charleroy und Brüssel in Belgien und wiederholt sich auch sonst mehrfach. Im letztbenannten Canal hat man aber statt der sonst üblichen Pumpen, Archimedische Schnecken erbaut, welche durch Dampfmaschinen bewegt werden.

Noch wäre eines andern Mittels zur Speisung der Canäle zu erwähnen, das mehrfach vorgeschlagen, hin und wieder auch versucht ist, indessen, soviel bekannt, niemals einen namhaften Erfolg gehabt hat. Dieses sind die Artesischen Brunnen. Bei Gelegenheit der Beschreibung derselben (Theil I. § 9) sind bereits einige mifsglückte Versuche dieser Art namhaft gemacht. Es kann allerdings nicht in Abrede gestellt werden, dafs die Bohrlöcher unter gewissen localen Verhältnissen bedeutende Wassermassen liefern, und diese auch zur Speisung von Canälen benutzt werden können, aber man darf sich doch kaum mit der Hoffnung schmeicheln, in einem hohen Terrain und namentlich auf der Wasserscheide in einer Gebirgsgegend reiche Adern aufzuschliefsen und Quellen zu eröffnen, die unter so starkem Druck fliefsen, dafs sie bis zu der erforderlichen Höhe ansteigen.

Will man dagegen bei Zuflüssen, die für gewöhnliche Schleusen nicht genügen, dennoch die Schiffahrt ermöglichen, so giebt man den Schleusen ungewöhnlich geringe Gefälle, oder versieht sie mit Seitenbassins (§ 75). Man kann dieselben auch durch senkrechtes Heben der Schiffe (§ 76) oder geneigte Eb-

nen (§. 77) ersetzen, und wenn es endlich vollständig an Wasser fehlt, so bleibt noch übrig, die Ladungen allein oder zugleich mit den Schiffen auf Eisenbahnen über die Wasserscheiden fort, aus einer Canalstrecke in die gegenüber befindliche überzuführen, oder die Canal-Verbindung durch eine Eisenbahn zu unterbrechen.

Es mag zunächst von der Zuleitung von Bächen die Rede sein. Man läfst dieselben nicht leicht unmittelbar in den Canal treten, sorgt vielmehr stets dafür, dafs sie nur soviel Wasser an diesen absetzen, als er bedarf. Entgegengesetzten Falls würden sie nicht nur bei jeder Anschwellung, sondern auch zu andrer Zeit, sobald der Bedarf sich zufällig etwas ermäfsigt, den Wasserstand zu hoch erheben, und wenn nicht die Schütze in den Schleusenthoren bald geöffnet würden, ein Ueberströmen der Canaldämme und deren Zerstörung veranlassen. Die Bäche müssen daher so gefafst werden, dafs sie nur bei eintretendem Bedürfnifs sich in den Canal ergiefsen, sonst aber in ihren natürlichen Betten abfliefsen. Derjenige Theil ihrer Wassermenge, den man zur Speisung des Canals braucht, wird daher in einem besondern Speisegraben letzterm zugeführt. Zu diesem Zweck erbaut man in dem Bachbett dicht unterhalb der Mündung des Speisegrabens entweder ein festes Wehr von angemefsner Höhe, oder um einer starken Verflachung des Bettes an der Grabenmündung vorzubeugen, eine andre Stau-Vorrichtung, die man beliebig aufser Thätigkeit setzen kann. Diese Vorrichtung mufs aber einen möglichst wasserdichten Schlufs darstellen, damit zur Zeit der Dürre der ganze Inhalt des Baches dem Graben und durch diesen dem Canal zufliefst. Die verschiedenen oben (§ 47) beschriebenen beweglichen Wehre eignen sich daher hierzu weniger, als eine mit Schützen versehne Freiarche, durch welche man das Wasser anspannen, und wenn es erforderlich ist, auch von dem Bachbett ganz abhalten kann. Aufserdem erbaut man häufig in der Mündung des Speisegrabens eine zweite Arche, um den Eintritt des Wassers zur Zeit der Anschwellung von demselben ganz abhalten zu können. Dieses ist jedoch entbehrlich, wenn der Bach unmittelbar hinter dem Stauwerk ein starkes Gefälle hat, und sonach der Graben schon allen Zufluſs verliert, sobald die Freiarche geöffnet ist. Der Grund, weshalb man aber das Wasser des Baches zur Zeit seiner Anschwellung nicht dem Graben zuführen mag, bezieht sich nicht allein auf die

Besorgniſs, daſs dem Canal zuviel Wasser zufliefsen möchte, sondern man will auch das trübe Wasser von dem Graben abhalten, welches in diesem sowohl, als auch im Canal Versandungen oder Verflachungen durch Absetzen von Schlamm und Sand veranlassen würde. Noch ist zu erwähnen, daſs in der Nähe der Freiarche ein Wärter wohnen muſs, der die Schütze derselben nach dem jedesmaligen Bedürfniſs stellt, und namentlich beim plötzlichen Anschwellen des Bachs sie vollständig zieht.

Die Speisegräben, welche man auch häufig Rigolen nennt, erfordern in ihrer Anlage groſse Vorsicht, damit sie nicht zu bedeutende Wasserverluste veranlassen. Bis zu welcher Gröſse diese Wasserverluste sich steigern, ergiebt sich aus manchen in Frankreich angestellten Messungen, worüber nur mitgetheilt werden mag, daſs die Rigole St. Privé am Briare-Canal, die nahe 3 Meilen lang ist und ein relatives Gefälle von 1 : 12400 hat, zuweilen sogar drei Viertheile ihres Inhaltes verliert, oder nur den vierten Theil des Wassers liefert, welches in ihre obere Mündung hineingeflossen ist. Von andern vermuthet man sogar, daſs sie zu Zeiten nur den fünften Theil des Wassers behalten. Es ist bereits erwähnt worden, daſs solche groſse Verluste zum Theil davon herrühren, daſs das Wasser sich zu lange in dem Speisegraben aufhält. In der Rigole St. Privé bildet sich selbst bei starkem Zufluſs nur die Geschwindigkeit von etwa 10 Zoll in der Secunde, und jedes Wassertheilchen braucht daher 21 Stunden, um sie ihrer ganzen Länge nach zu durchfliefsen.

Der relative Wasserverlust vermindert sich, wenn die Zeit der Durchströmung sich verringert, und die Abkürzung der Durchfluſszeit kann auf zwei verschiedenen Wegen hervorgebracht werden, nämlich einmal durch Verkürzung der Rigole, und sodann durch Vergröſserung der Geschwindigkeit in derselben. Das erste Mittel ist selten anwendbar, denn die Länge des Speisegrabens kann in einem gebirgigen Terrain nur dadurch vermindert werden, daſs man die Bergwände verläſst, und den Graben in möglichst gerader Linie durch tiefe Einschnitte, über hohe Dämme und auf Brücken über die Bäche erbaut, denen er begegnet. Solche Anlagen kommen allerdings zuweilen vor, sie sind indessen überaus kostbar, und dabei zeigt sich auf denjenigen Theilen der Gräben, die hoch über dem Terrain liegen, wieder eine stärkere Filtration, so dass man

statt den beabsichtigten Zweck zu erreichen, leicht den Wasserverlust sogar noch vergrößert. Jedenfalls ist es aber großer Gewinn, wenn die Bäche die man benutzen kann, möglichst nahe am Canal liegen. Dieser Umstand muß daher schon bei der Wahl der Canallinie berücksichtigt werden.

Was die Vergrößerung der Geschwindigkeit oder des relativen Gefälles betrifft, so ergiebt sich eine solche schon aus der Abkürzung des Speisegrabens. Außerdem aber ist sie auch dadurch zu erreichen, daß man den Bach in größerer Höhe abfängt. In diesem Fall wird allerdings die Wassermenge, die man in den Speisegraben einleitet, geringer, weil jeder Bach, der nicht etwa selbst einem starken Wasserverlust durch Filtration ausgesetzt ist, nach und nach durch neue Zuflüsse sich verstärkt, und daher um so reichhaltiger ist, je später oder je tiefer abwärts er aufgefangen wird.

Welches relative Gefälle ein Speisegraben erhalten muß, läßt sich im Allgemeinen nicht angeben, indem die localen Verhältnisse hierauf überwiegenden Einfluß haben. Je weniger die Beschaffenheit des Bodens die Filtration begünstigt, um so schwächere Gefälle sind zulässig, auch darf man diese wohl etwas geringer annehmen, wenn der Graben von scharfen Krümmungen frei ist. Bei den Speisegräben kommen wirklich sehr verschiedene Gefälle vor. Zuweilen hat man sie gleich 1 : 2000 annehmen können, wogegen sie andern Falls nur 1 : 14000 sind. Letzteres betrachtet Minard als die äußerste Grenze, die man nie überschreiten darf. Andrerseits sind aber sehr starke Gefälle auch nicht immer zu empfehlen, weil die heftige Strömung, die dadurch verursacht wird, leicht die Sohle und die Ufer des Grabens angreift, und Einrisse und Versandungen veranlaßt. Man pflegt daher, wenn die Höhenlage des Baches eine Verstärkung des Gefälles gestattet, dieses doch nur so weit zu vergrößern, dass die Geschwindigkeit des Wassers nicht über 2 Fuß in der Secunde beträgt. Wäre indessen durch äußere Umstände ein noch stärkeres Gefälle geboten, so müßte dieses durch Wasserstürze, die man an einzelnen Stellen des Grabens anbringt, gemäßigt werden. Hierzu dienen Steinschwellen, die in ähnlicher Weise, wie bei der Umleitung des fremden Wassers um eine zu entwässernde Niederung, in den künstlichen Betten der Bäche angebracht werden (Theil I. § 26). Ein

solcher Fall gehört indessen zu den Seltenheiten, und viel häufiger kommt es vor, dass man in entgegengesetzter Weise sich bemühn muſs, eine Verstärkung des Gefälles möglich zu machen.

Was die sonstige Anordnung der Speisegräben oder Rigolen betrifft, so wird man vorzugsweise sich bemühn, starken Filtrationen vorzubeugen, und daher diese Gräben auf festen Boden zu verlegen, auch, wo es nöthig ist, sie mit wasserdichten Dämmen einzuschlieſsen. Ohne dringende Veranlassung wird man sie ferner nicht übermäſsig verlängern. Wenn daher eine sehr bedeutende Abkürzung durch den Uebergang über ein Seitenthal möglich ist, so wird man die Zweckmäſsigkeit einer solchen Anlage zu prüfen haben. Im Allgemeinen führt man jedoch die Rigolen an den Bergabhängen fort, wobei man noch den Gewinn hat, daſs man alle Seitenbäche und Quellen, die man antrifft, hineinleiten und zur Speisung des Canals benutzen kann. Dabei wäre es freilich ganz unpassend, auch solche Seitenbäche fortwährend hineintreten zu lassen, die Sand und Kies mit sich führen, und in den Zeiten, wo gerade kein Wassermangel stattfindet, groſse Wassermassen liefern. Es müssen vielmehr auch bei diesen Speisegräben, so oft sie gröſsere Bäche kreuzen, dieselben Anordnungen getroffen werden, die der Schiffahrts-Canal unter ähnlichen Verhältnissen erfordert, und welche im Folgenden beschrieben werden sollen.

Zuweilen zieht sich der Speisegraben unter einem steilen Bergabhange hin, von dem zur Zeit eines starken Regens groſse Wassermassen herabstürzen, die vieles Geschiebe oder andres Material mit sich führen. Kann man einen solchen Wasserlauf nicht unter der Rigole mit Sicherheit hindurchführen, so bleibt noch das Mittel, ihn über derselben nach dem Thal zu leiten. Alsdann ist es am angemessensten die Rigole zu überwölben und das Bachbette darüber darzustellen. Zuweilen ist man auch gezwungen, die Rigole in einen Schuttkegel, oder in eine natürliche Ablagerung von Steingerölle einzuschneiden, die sich vor der Bergwand gebildet hat, und durch nachstürzendes Gerölle von oben her überdeckt wird. In diesem Fall ist gleichfalls die Ueberwölbung nothwendig. Um aber den Graben zugleich gegen Filtration zu schützen, die besonders im losen Gestein übermäſsig stark sein würde, so schlieſst man ihn nicht nur von der Seite mit Mauern ein, sondern stellt auch seine Sohle aus einem umgekehrten Gewölbe dar, und wendet

bei dem gesammten Mauerwerk guten hydraulischen Mörtel an. Besonders schwierig wird solche Anlage, wenn Abrutschungen zu besorgen sind, die bei gewisser Beschaffenheit des Bodens schon ohnerachtet der flachen Dossirungen eintreten. Die Darstellung des überwölbten Canals ist alsdann nicht genügend, weil derselbe bei eintretender Bewegung der ganzen Steinmasse aus einander gerissen und stellenweise in die Tiefe gezogen werden könnte. Es bleibt alsdann nur übrig, den Fuſs der Dossirung gehörig zu befestigen, und durch oft wiederholte Räumungen einer Anhäufung und besonders ungünstigen Ablagerung des Materials vorzubeugen, wodurch das Gleichgewicht der Masse gestört werden könnte.

Das Profil des Speisegrabens ist abhängig von der Wassermenge, die abgeführt werden soll, und von dem Gefälle, welches man ihm giebt. Nimmt er in seinem Zuge noch bedeutende Bäche und Quellen auf, so muſs das Profil sich gleichfalls vergröſsern, wenn nicht etwa besondere Gründe vorhanden sind, das Gefälle im untern Theile wachsen zu lassen. Jedenfalls wird das Profil aber reichlich groſs gewählt werden müssen, damit es die ganze erforderliche Wassermasse fassen kann, falls auch hin und wieder zufällig eine Verflachung eintreten sollte. Um das Material, welches dem Graben durch einzelne Bäche zugeführt wird, oder das von der Seite hineinfällt, ohne Beeinträchtigung seiner Wirksamkeit abzulagern, pflegt man ihn zuweilen hin und wieder mit besonders verbreiteten und vertieften Stellen zu versehn, die in gleicher Weise, wie die Schlammkasten in Röhrenleitungen, wirken. An solchen Stellen vermindert sich die mittlere Geschwindigkeit in gleichem Maaſse, wie das Profil sich vergröſsert, der vom Wasser mitgeführte Sand und die andern Stoffe bleiben daher hier liegen. Zu solchen Verbreitungen und Vertiefungen findet sich aber häufig in den natürlichen Unebenheiten des Bodens Gelegenheit, so daſs die Anlagekosten dadurch nicht vermehrt, sondern im Gegentheil oft sogar vermindert werden.

Der gröſste Uebelstand bei Speisegräben, besonders wenn sie eine bedeutende Länge haben und durch unebnes Terrain geführt sind, pflegt die starke Filtration zu sein, die jene bereits erwähnten groſsen Wasserverluste zur Folge hat. Gemeinhin fehlt es aber unter solchen Umständen an guter Erde und namentlich an zähem Ton, wodurch man den Seitenwänden und der Sohle

die nöthige Wasserdichtigkeit geben könnte. Man pflegt alsdann ein Auskunftsmittel zu wählen, wovon später noch ausführlicher die Rede sein wird, nämlich man leitet, so oft es geschehn kann, trübes Wasser in den Speisegraben, damit die darin schwebenden erdigen Theilchen nach und nach die undichten Stellen verstopfen. Obwohl manche Erfahrungen recht günstige Erfolge in dieser Beziehung gezeigt haben, so darf man sich im Allgemeinen doch nicht zuviel davon versprechen. Die Rigole St. Privé wird bereits seit zwei Jahrhunderten mit trübem Wasser gefüllt, und ist dennoch undicht geblieben.

Endlich kommt bei Anordnung der Speisegräben auch noch deren Verbindung mit dem Schiffahrts-Canal in Betracht. Es geschieht nicht leicht, dafs man ohne besondere bauliche Anlagen die erstere unmittelbar in den letztern übergehn läfst, und nur die beiderseitigen Betten, die allein durch Erdarbeiten dargestellt sind, zusammenleitet. Gemeinhin versieht man vielmehr den Graben an seinem Ende noch mit einer Arche, an deren Seitenmauern die Canaldämme sich anschliefsen. Diese Arche wird aber, wie eine Freiarche, mit einem gehörig befestigten Boden, und namentlich mit einem Fachbaum oder einer massiven Schwelle versehn, die schon deshalb unentbehrlich ist, weil der Speisegraben eine geringere Tiefe hat, als der Canal. Indem es aber leicht geschehn kann, dafs der Erstere mehr Wasser zuführt, als der Letztere gerade braucht, so mufs die Arche auch mit Schützen oder Dammbalken abgesperrt werden können, um den Canal nicht zu überlasten. Dieses ist besonders nothwendig, wenn der Graben, wie gewöhnlich, auf seinem Wege noch Wasserläufe aufnimmt, die zur Zeit des Regens bedeutend anschwellen, Auch empfiehlt es sich, den Speisegraben vor der Arche zu erweitern und zu vertiefen, damit daselbst die herbeigeführten Sand- und Kiesmassen sich niederschlagen.

Die erwähnte Stauanlage erfordert aber wieder eine zweite Anlage, nämlich zur Ableitung desjenigen Wassers, welches der Canal nicht aufnimmt. Würde für eine solche nicht gesorgt, so müfste das Wasser im Speisegraben so hoch anwachsen, bis es an irgend einer Stelle die Dämme überstiege, und sich hier von selbst einen Abflufs bildete, der, wenn er nicht gehörig gesichert wäre, den Durchbruch des Dammes an der überströmten Stelle

zur Folge haben würde. Es ist daher am zweckmäfsigsten, den Speisegraben noch mit einem Seitenabflufs zu versehn, wodurch man das Wasser, dessen man nicht bedarf, in den Bach leiten kann, dessen Thal der Canal verfolgt. Wollte man hierzu ein Wehr oder einen festen Ueberfall in angemessner Höhe erbauen, so würde freilich der nächste Zweck sowohl in Betreff der Speisung des Canals, als auch der Abführung des höhern Wassers erreicht werden. Vor dem festen Wehr würden sich aber wieder starke Niederschläge anhäufen, die man vielleicht in kurzen Zwischenzeiten beseitigen müfste. Die Strömung selbst beseitigt sie aber und führt sie in das Bachbette, wenn man statt des Wehrs eine Freiarche erbaut. In letzter Beziehung ist es vortheilhaft, den Speisegraben an einer Stelle dem Canal zuzuführen, wo letzterer sich über die Thalsohle erhebt, weil alsdann unterhalb der Arche die das Hochwasser ableitet, ein stärkeres Gefälle stattfindet, also ein kräftiger Strom sich hier bilden kann. Diese gröfsere Höhe mufs man aber auch schon wählen, weil entweder der Schiffahrts-Canal, oder der Speisegraben auf einer Brücke, oder wenigstens auf einem Durchlafs über den Bach, oder Ersterer über das Freiwasser des Speisegrabens geführt werden mufs. Die Nothwendigkeit einer solchen Ueberführung leuchtet ein, weil sonst dieses Wasser nicht den Hauptbach erreichen könnte.

Die Speisegräben, welche das Wasser aus Reservoiren dem Schiffahrts-Canal zuführen, unterscheiden sich von den so eben beschriebenen dadurch, dafs sie nicht fortwährend eine ziemlich gleichmäfsige Strömung aufnehmen, sondern periodisch grofse Wassermassen abführen, und dann wieder ganz versiegen. Wenn fremde Quellen und Bäche ihnen nicht zufliefsen, so bedürfen sie keiner besondern Anlagen, wodurch man sie beliebig mit dem Canal in Verbindung setzen, oder ihnen einen Abflufs nach dem Bach eröffnen kann, auch verschwindet alsdann die Besorgnifs, dafs sie sich mit Sand und Geschieben anfüllen, weil sie nur mit dem reinen Wasser aus dem Bassin gefüllt werden. Nichts desto weniger gelingt es nicht leicht, ihnen eine solche Lage zu geben, dafs bei starkem Regen nicht bedeutende Wassermassen sich in sie ergiefsen sollten, und insofern diese wieder Erde, oder gröberes Material mit sich führen, so sind gemeinhin auch bei ihnen die-

selben Rücksichten zu nehmen, wie bei solchen Rigolen, welche die Bäche unmittelbar dem Canal zuführen.

Aufser diesen gröfsern Speisegräben leitet man, besonders wo Wassermangel zu besorgen ist, so oft die Gelegenheit sich bietet, auch in kürzern und minder vollkommnen Leitungen noch schwächere Quellen aus der Umgebung in den Canal. Man mufs aber hierbei um so aufmerksamer sein, und die bezeichneten Vorsichts-Mafsregeln um so vollständiger beobachten, je mehr zu besorgen ist, dafs zu Zeiten grofse Wassermassen zufliefsen, auch in Verbindung mit ihnen bedeutende Quantitäten Sand oder Erde oder Kies hineingetrieben werden. Um Letzteres zu verhindern, pflegt man selbst bei den einfachsten Anlagen dieser Art dennoch das zufliefsende Wasser über ein festes Wehr zu leiten, damit wenigstens das gröbere Material sich davor ablagert und entfernt gehalten wird.

Häufig trifft es sich, dafs der Canal Seitenbäche kreuzt, die entweder an sich hoch genug liegen, um zur Speisung benutzt zu werden, oder die man wegen ihres starken Gefälles leicht bis zu dieser Höhe anspannen kann. In welcher Weise dieses am vortheilhaftesten geschieht, soll später erörtert werden, gewöhnlich führt man aber den Canal über den Bach fort, und verbindet den Durchlafs, worin letzterer abfliefst, mit einer Stauanlage, durch welche der Bach so weit gehoben wird, dafs er in den Canal tritt. Eine solche Anordnung ist bei den in neuerer Zeit ausgeführten französischen Canälen sehr gewöhnlich, auch in dem Marne-Rhein-Canal wiederholt sie sich vielfach. Fig. 367 *a* und *b* zeigt diesen Durchlafs. Von der Bergseite her fliefst der Bach in einem Seitenthal dem Canal zu, und mit ihm verbinden sich die Gräben, die vor dem Leinpfade sich hinziehn. Die vereinigte Wassermenge stürzt sich in einem Fallkessel auf die Sohle des Durchlasses herab. Letzterer ist ganz massiv ausgeführt und über dem Gewölbe horizontal abgeglichen. Dieses Mauerwerk bildet indessen nicht unmittelbar die Canalsohle, vielmehr ist es etwa 1 Fufs hoch mit Thon überdeckt. Die erwähnte Uebermaurung erstreckt sich über den ganzen Durchlafs, sie beginnt am Fallkessel und endigt auf der Thalseite in der Stirnfläche des Gewölbes. Auf diese Art ist der Canal mit zwei Seitenöffnungen versehn, in welchen sich

zwischen Werkstein-Einfassungen Falze befinden, die gewöhnlich, wie auch die Figur zeigt, mit Dammbalken geschlossen werden.

Zwischen dem Fallkessel und dem überwölbten Durchlafs ist ein Schütz angebracht, dafs von der Leinpfadbrücke aus, gehoben und herabgelassen werden kann, Wenn es gezogen ist, fliefst der Bach durch den Durchlafs unter dem Canal ab, ohne in ihn hineinzutreten. Dieses geschieht so lange die sonstigen Speisegräben hinreichendes Wasser zuführen, also namentlich, wenn der Bach stark angeschwollen ist, und nicht nur trübes Wasser, sondern auch grobes Material mit sich führt. Wenn dagegen trockne Witterung eintritt, und der Bach weniger Wasser abführt, so wird das Schütz eingestellt, also der Durchlafs geschlossen. Alsdann sammelt sich das Wasser im Fallkessel und steigt so hoch an, dafs es über das Schütz und die ohnfern desselben liegenden Dammbalken in den Canal tritt. Letztere werden, wenn es nöthig ist, bei dieser Gelegenheit auch zum Theil beseitigt, um einen ungehinderten Zufluſs darzustellen. Während dieser Zeit setzt sich der Niederschlag des Wassers im Fallkessel ab, und sobald man später das Schütz wieder öffnet, wird derselbe bei der heftigen Strömung, die der anfängliche hohe Wasserstand veranlafst, wieder fortgeführt. Sollte indessen diese Aufräumung noch nicht vollständig sein, und selbst zur Zeit des freien Abflusses des Hochwassers der Kessel und vielleicht auch der Durchlafs sich mit Sand und Geschieben anfüllen, so wird letzterer durch unmittelbare Handarbeit aufgeräumt, da er so grofse Dimensionen hat, dafs er begangen werden kann. Die zweite Oeffnung, welche der Thalseite zugekehrt ist, dient zum Ablassen des Wassers aus dem Canal. Die Dammbalken welche sie abschliefsen, werden in diesem Fall ausgehoben. Ueber beide Oeffnungen führen leichte hölzerne Brücken, welche die Unterbrechung der beiderseitigen Leinpfade aufheben.

Wiewohl man nach Vorstehendem möglichst dafür sorgt, dafs dem Schiffahrts-Canal nicht mehr Wasser zugeführt wird, als derselbe bedarf, um bis zum normalen Stande gefüllt zu bleiben, so kann es doch nicht fehlen, dafs die Zuflüsse zuweilen dieses Maafs überschreiten, und alsdann das überflüssige Wasser abgelassen werden mufs. Die Entlastung kann, wenn sie sich nur auf geringe Quantitäten erstreckt, durch die Schützöffnungen in den Schleusenthoren oder die Umläufe erfolgen. In manchen Fällen, wie etwa

bei dem Schleswig-Holsteinschen und dem Finow-Canal, hat man auch besondre Freiarchen neben den Schleusen erbaut, um das Wasser, welches zu Zeiten überreichlich zuströmt, aus einer Strecke in die andre, und auf diese Weise bis in den Flufs zu leiten. Wenn der Canal mit einer tiefen Mittelstrecke zwischen zwei Scheitelstrecken versehn sein sollte, wird, wie beim Marne-Rhein-Canal geschieht, ein Seitencanal nach dem Flufs herabgeführt, der diese Einsenkung des Bodens entwässert.

Die stärksten Zuflüsse, die vom Canal nicht abgehalten werden können, pflegen in Gebirgsgegenden vorzukommen, also gerade diejenigen Strecken zu treffen, die zur Zeit der Dürre am schwierigsten zu speisen sind. Läfst man nun das hier zutretende Wasser alle folgenden Canalstrecken durchlaufen, so findet es in keiner derselben eine zweckmäfsige Verwendung, weil alle in solcher Zeit schon reichlich mit Wasser versehn sind. Die starke Strömung, die man hierdurch in dem Canal erzeugt, veranlafst leicht Uferbrüche und Versandungen. Noch gröfser ist der Nachtheil, wenn an einer der folgenden Schleusen das Steigen des Oberwassers nicht bemerkt werden sollte, welches vielleicht die dortigen Witterungs-Verhältnisse nicht erwarten lassen, und sonach die Schütze hier nicht zeitig genug geöffnet werden, also das Wasser bis zur Höhe der Leinpfadsdämme anwächst, und sich über dieselben seitwärts ergiefst. Es ist daher vortheilhafter, solche grofse Wassermassen, die dem Canal nicht absichtlich zugeführt werden, die vielmehr nur von ihm nicht abgehalten werden können, daraus möglichst bald wieder zu entfernen. Hierzu bietet sich in den obern Strecken auch jedesmal Gelegenheit, indem das natürliche Bett des Baches, welches von der einen Seite dieses Wasser zuführt, es auf der andern leicht wieder aufnimmt und es aus dem Bereich des Canals entfernt.

Es entsteht hierbei nur die Frage, auf welche Weise man das Wasser ablassen soll, und dabei ist vorzugsweise der Umstand zu berücksichtigen, dafs solche Zuflüsse zuweilen sehr plötzlich und unerwartet kommen. Ein warmer Regen, der den Schnee und das Eis trifft, schmilzt oft in sehr kurzer Zeit grofse Massen, und noch plötzlicher schwellen die Bäche bei starken Gewitterregen an. Am Abende eines Tages kann leicht keine Aussicht vorhanden sein, dafs starke Zuflüsse in Kurzem eintreten werden, und doch treffen

dieselben schon während der Nacht ein. Wenn der Wärter, der die Freiarche bedienen soll, das rechtzeitige Ziehn der Schütze aber versäumt, so können leicht nach wenig Stunden schon die Dämme überströmt werden. Solche Ereignisse sind gerade wegen ihrer Seltenheit um so gefährlicher, da die Aufmerksamkeit mit der Zeit nachläfst, und die Erfahrungen eines langen Dienstes leicht den Eintritt so plötzlicher Fluthen als unmöglich erscheinen lassen.

Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, in Canalstrecken, die solcher Gefahr ausgesetzt sind, Wasserlösen anzubringen, die von selbst in Wirksamkeit treten. Man möchte zunächst vermuthen, dafs der erwähnte Zweck schon vollständig erreicht würde, wenn die Canaldämme an solchen Stellen, wo das Wasser einen leichten Abfluſs findet, in etwas geringerer Höhe gehalten und so verstärkt wären, dafs sie bei der Ueberströmung nicht leiden. Man würde also die Erddämme durch massive Ueberfälle ersetzen. Bei näherer Betrachtung überzeugt man sich indessen leicht, dafs hierdurch die Gefahr in den meisten Fällen nicht vollständig beseitigt werden kann. Die Dämme werden, wie bereits erwähnt, im Allgemeinen nicht hoch über dem normalen Wasserstande gehalten, weil ihre Anlage sonst, namentlich in Gebirgsgegenden, überaus schwierig und kostbar sein würde. Ihre Krone liegt daher gemeinhin nur 2 Fufs über diesem Wasserstand, und wenn man auch über dieses Maafs hinausgeht, so wird dasselbe doch nie bedeutend überschritten werden können. Andrerseits mufs man Anstand nehmen, den Ueberfall mit dem normalen Wasserstande auf gleiche Höhe zu legen, weil alsdann selbst bei trockner Witterung, während man das Wasser möglichst schonen mag, der Seitenabfluſs desselben sogleich eintritt, wenn zufälliger Weise keine Schiffe die nächst unterhalb belegne Schleuse passiren und sonach das Wasser während kurzer Zeit sich etwas anhäuft. Man wird demnach, um solche Verluste zu vermeiden, den Ueberfall vielleicht um einen Fufs oder wenigstens doch um 6 Zoll über den normalen Wasserstand erhöhen, so dafs der Unterschied in der Krone des Ueberfalls und der Canaldämme nur sehr gering bleibt.

Sobald es sich um Abführung grofser Wassermassen handelt, so genügen die Ueberfälle nur, wenn sie hoch überströmt werden. Liegt ihre Krone nur wenig unter dem Wasserspiegel, so ist einestheils das Profil des übertretenden Strahls nur gering, und andrer-

seits entspricht die Geschwindigkeit desselben auch nur der geringen Druckhöhe. In beiden Beziehungen bleibt daher die Wassermenge nur sehr gering, wenn die Stauhöhe nicht bedeutend ist.

Unter Zugrundelegung des von Castel gefundenen Coefficienten für den Fall, dafs der Ueberfall eben so breit, als das Oberwasser, also $k = 0{,}667$ (§ 19) ist, findet man die Wassermengen, die jeder laufende Fufs des Ueberfalls bei verschiednen Höhen des Wasserspiegels abführt, folgendermaafsen.

Wasserstand über dem Ueberfall.		Abfliefsende Wassermenge.	
3	Zoll	0,44	Cubikfufs
6	„	1,24	„ .
9	„	2,28	„
12	„	3,51	„
15	„	4,91	„
18	„	6,46	„
21	„	8,14	„
24	„	9,94	„

Man darf indessen nicht erwarten, dafs man durch Verlängerung des Ueberfalls zur Seite eines Canals jede beliebige Wassermenge abführen kann, ohne den Wasserstand über ein gewisses Maafs zu erhöhn. Dieses würde allerdings möglich sein, wenn das Oberwasser im Niveau stände. In einem Canal, besonders wenn er nur mäfsige Tiefe hat, bildet sich aber bei heftiger Strömung ein starkes Gefälle. Das Wasser steht demnach an derjenigen Stelle, wo der Seitenbach hineintritt, oder wo die Strömung beginnt, höher, als an derjenigen, wo es über das Wehr abfliefst. Liegen beide weit von einander entfernt, so kann es leicht geschehn, dafs an der erstern die Dämme schon überströmt werden, während an der letztern das Wehr oder der Ueberfall nur so eben zu wirken beginnt. Wenn aber auch der Ueberfall sich in der Nähe der Mündung des Baches befindet, der das Wasser zuführt, so würde dennoch der hintere Theil eines längern Ueberfalls nur wenig in Wirksamkeit kommen, weil der Wasserspiegel im Canal zur Seite des Wehrs wieder nicht horizontal ist. Das besonders starke Gefälle an dieser Stelle entspricht aber nicht allein der Geschwindigkeit sondern wird zum Theil auch dadurch veranlafst, dafs der zunächst liegende Theil des Wehrs schon die gröfsten Wassermengen abführt,

also die Wassermasse sich von hier ab vermindert und auch aus diesem Grunde der Wasserspiegel sich senkt. Wie kräftig die Ueberströmung über den nächsten Theil des Wehrs auch ist, so wird dieselbe weiter abwärts immer schwächer und hört zuletzt beinahe ganz auf, da der Wasserspiegel endlich bis zur Höhe des Wehrrückens herabsinkt.

Es ergiebt sich hieraus, dafs bei einer geringen Niveau-Differenz, die zwischen der Krone der Canaldämme und der Krone der Ueberfälle nur zulässig ist, eine bedeutende Wirkung der letztern nicht erwartet werden kann. Am günstigsten ist noch der Fall, wenn man der Stelle gegenüber, wo der starke Zufluſs in den Canal tritt, den Ueberfall anlegen kann. Ein solches Verhältniſs kommt jedoch nicht häufig vor. Gemeinhin giebt es mehrere vom Canal durchschnittene Thäler, von denen bald das eine und bald das andre, groſse Wassermassen zuführt, und es verbietet sich wegen der groſsen Kosten, an allen Stellen Ueberfälle anzulegen, wo solche vielleicht einst nöthig sein möchten.

Die brunnenartigen Wasserlösen, welche man auf manchen Englischen Canälen findet, sind nichts andres als Wehre, deren Rücken jedoch nicht gerade, sondern kreisförmig gekrümmt sind. Fig. 369 zeigt einen solchen Brunnen, der einen vollständigen Cylinder bildet. Sobald das Wasser seinen obern Rand übersteigt, ergieſst es sich in ihn, und wird in einem überwölbten Canal unter dem Damm abgeführt. Fig. 371 *a* und *b* zeigt einen ähnlichen Brunnen im Durchschnitt und im Grundriſs, doch steht derselbe nicht frei, lehnt sich vielmehr an eine Seitenmauer und stellt nur einen Theil des Umfanges eines gekrümmten Cylinders dar, der auf zwei Strebepfeilern ruht. Wasserlösen dieser Art sind auf dem Birmingham-Fazeley-Canal ausgeführt.

Die verschiedenen Arten beweglicher Wehre, deren oben (§. 47) Erwähnung geschehn ist, und die zum Theil bei gewissen Wasserständen sich von selbst öffnen und bedeutende Abflufsprofile darstellen, sind bei Canälen wenig anwendbar, weil sie nicht scharf genug schlieſsen, und daher zur Zeit der Dürre bedeutende Wasserverluste veranlassen. Als zweckmäſsig empfiehlt sich hier nur die schon beim Canal du Midi angewendete Vorrichtung mit den Hebern, die bei gewissem Wasserstande in Wirksamkeit treten, und alsdann

das Wasser mit der ganzen, der Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit abführen. Ihre Wirksamkeit wird aber von selbst unterbrochen, sobald das Wasser im Canal bis zum normalen Stande gesunken ist, und durch eine kleine Röhre die Luft nach dem Scheitel des Hebers treten kann. Diese Vorrichtung ist bereits bei Gelegenheit der Wasserleitungen (Theil I, § 19) und Fig. 82 auf Taf. VI des I Theils dargestellt.

Bei den meisten Canälen hat man indessen Vorrichtungen dieser Art nicht angewendet, sich vielmehr mit solchen Wasserlösen begnügt, die durch den Wärter in Thätigkeit gesetzt werden, indem derselbe entweder die Schütze zieht, oder die Dammbalken aushebt. Der Grund, weshalb man diese Vorrichtungen den Wärtern anvertraut, ist wohl vorzugsweise darin zu suchen, dafs keins der verschiedenen Ersatzmittel, die man dafür theils vorgeschlagen, und theils auch wirklich versucht, als ganz sicher erkannt ist. Dazu kommt aber, dafs man in neuerer Zeit auch mehr Vorsicht anwendet, um das Eintreten grofser Wassermassen zu verhindern, was früher, wo die Anlage von Brücken-Canälen mehr Bedenken erregte, nicht leicht vermieden werden konnte. Endlich aber pflegt man gegenwärtig, wenn solche Ereignisse auch nicht ganz sicher abgewendet werden können, doch den Schaden, den sie verursachen, durch gewisse Vorsichtsmaafsregeln möglichst zu mäfsigen, und namentlich dienen hierzu die Sicherheitsthore, deren Beschreibung hier die passendste Stelle finden dürfte.

Der Zweck der Sicherheitsthore ist die Abschliefsung des Canals. Man könnte hierzu wieder verschiedene der früher beschriebenen Einrichtungen, also bewegliche Wehre benutzen, aber im vorliegenden Fall ist es erforderlich, dafs der Abschlufs möglichst schnell erfolgt, auch ziemlich wasserdicht ist. Häufig sind diese Thore in der Art aufgestellt, dafs beim Durchbruch eines Canaldamms, wodurch sogleich eine starke Strömung in der ganzen Strecke entsteht, sie von der Strömung gefafst werden und sich von selbst schliefsen. Man mufs aber, wenn man dieses beabsichtigt, vorher wissen, an welcher Stelle der Durchbruch erfolgen wird, denn wenn die Strömung eine entgegengesetzte Richtung annähme, oder der Durchbruch auf der andern Seite der Thore statt fände, so würden sie sich nicht schliefsen. Man kann freilich die Einrichtung auch so treffen, dafs der Abschlufs in beiden Rich-

tungen von selbst erfolgt, aber dazu müfsten zwei Thore, oder zwei Thorpaare erbaut werden, wie allerdings zuweilen geschieht. Jedenfalls wird man die Sicherheitsthore nur in langen Strecken anbringen, weil es nur bei diesen von besonderer Wichtigkeit ist, dafs der ganze Inhalt nicht abfliefst. Man erreicht durch sie noch einen andern Vortheil, der oft von grofser Bedeutung ist. Wenn z. B. ein Schiff verunglückt und sinkt, so sperrt es gemeinhin den Canal vollständig, und bis es mit der Ladung gehoben worden, ist die Schiffahrt unterbrochen. Das Heben der Ladung unter Wasser ist aber sehr zeitraubend, woher man in solchem Fall es leicht angemessen findet, die ganze Strecke zu entleeren. Der Verlust des Wassers kann aber wieder sehr reichhaltig werden, und möglicher Weise noch eine längere Sperre bedingen, wenn die Speisegräben gerade nicht reichhaltig sind. Es ist sonach auch bei einem solchen Ereignifs sehr wichtig, eine längere Canalstrecke in mehrere Theile zu zerlegen.

Man bringt zu diesen Zwecken an solchen Stellen, wo der Canal bereits aus andern Gründen mit Mauern eingeschlossen werden mufs, also namentlich unter massiven Brücken, Dammfalze an, und hält die erforderlichen Dammbalken in Bereitschaft. Zur Darstellung eines dichten Schlusses mufs alsdann auch noch der Boden gesichert, und mit einem hölzernen oder massiven Fachbaum versehn sein. Das Einlegen der Balken ist indessen, besonders wenn ein heftiger Strom hindurch geht, so schwierig und zeitraubend, dafs diese Vorrichtung bei einem Dammbruch die vollständige Entleerung der ganzen Strecke nicht verhindert. Man hat auch versucht, die auf Strömen vielfach benutzte Methode des Abschliefsens mittelst senkrecht eingestellter Nadeln (§ 48) zu diesem Zweck zu benutzen, aber abgesehn davon, dafs hierdurch auch die nöthige Beschleunigung nicht erreicht wird, ist überdiefs der Schlufs so wenig dicht, dafs in kurzer Zeit auch die dahinter liegen Strecke sich entleert.

Vortheilhafter ist es, wie in den meisten Fällen auch geschehn, gewöhnliche Schleusenthore einzurichten, und zu diesem Zweck ein Schleusenhaupt zu erbauen. Die Oeffnung, die überspannt werden mufs, ist aber zu weit, als dafs ein einfaches Thor dazu genügt, und man sieht sich demnach gezwungen, ein Paar Stemmthore anzubringen. Indem diese nur von einer Seite den höhern

Wasserstand abhalten, so gestatten sie nur das Entleeren des einen Theils der Canalstrecke, und wenn man ihre Wirksamkeit vervollständigen will, so bleibt nur übrig, daneben noch ein zweites Thorpaar aufzustellen, das in der entgegengesetzten Richtung aufschlägt. Diese Anordnung stimmt daher mit derjenigen überein, die man in dem Unterhaupt einer Schleuse zu wählen pflegt, die den Canal mit dem Strom verbindet, wie solche Fig. 260 auf Taf. XXXIV dargestellt ist.

Wenn man ein solches Schleusenhaupt um einige Fuſs weiter macht, als die sonstigen Canalschleusen sind, so kann man die Thore, indem sie an gewisse vortretende Stützen gelehnt werden, aufserhalb der Thornischen halten. Falls alsdann eine Strömung in dem Canal sich bildet, so werden sie von derselben sogleich gefafst und gegen die Schlagschwellen bewegt, so dafs sie sich von selbst schliefsen. Wiewohl diese Anordnung allen Anforderungen möglichst entspricht, so treten ihr dennoch die sehr bedeutenden Anlagekosten entgegen, und aufserdem erfordern die Thore vergleichungsweise zu dem sehr seltenen Gebrauch, der davon gemacht wird, auch übermäfsige Unterhaltungskosten. Ihr oberer Theil, der über Wasser ist, leidet eben so, wie jedes andere Schleusenthor, und ein Verziehn tritt bei ihnen auch bald ein, weil sie fortwährend frei hängen, der Wasserdruck also nicht auf sie einwirkt und sie in die ursprüngliche Form zurückdrängt.

Aus diesen Gründen ist man zuweilen auch von Stemmthoren zurückgekommen, und hat dafür den Abschluſs durch ein einfaches Thor gewählt, welches sich um eine horizontale Achse dreht, und sich flach auf den Boden legt, das aber sowohl in stehendem Wasser, als auch wenn die Strömung seine Bewegung unterstützt, leicht gehoben werden kann. Fig. 380 auf Taf. LV zeigt die auf dem Canal du Centre gewählte Einrichtung solcher Thore*), die daselbst nach mehrjährigem Gebrauch sich auch bewährt hat, und für den Rhein-Marne-Canal gleichfalls benutzt ist. Aehnliche Einrichtungen sollen auch bei Englischen Canälen vorkommen.

Das Thor, welches man Fig. 380*a* aufgerichtet sieht, dreht sich, wie die Seitenansicht *b* zeigt, um eine starke eiserne Achse,

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1841. II. pag. 1.

die in vier metallnen Pfannen ruht. Es ist ganz aus hölzernen Verbandstücken zusammengesetzt. Die Schlagsäulen sind in die horizontale Wendesäule verzapft, und durch zwei Riegel mit einander verbunden, wozwischen noch einige Mittelstiele angebracht sind. Das Thor lehnt sich sowohl unten, als zu beiden Seiten an die mit Werkstücken eingefafsten Mauerränder, wie man Fig. *b* und *c* bemerkt. Ist das Thor dagegen niedergelassen, so liegt es flach auf dem Boden in der Stellung, die Fig. *b* in punktirten Linien angegeben ist.

Zum Aufrichten und Herablassen des Thors dienen zwei eiserne Stangen (Fig. *b*), die zur Seite an den Köpfen der Schlagsäulen befestigt sind. Die zum Heben erforderliche Kraft ist aber sehr geringe, indem bei der Construction des Thors schon darauf gesehn wird, dafs das Gewicht desselben in allen Stellungen nahe durch den Wasserdruck aufgehoben wird, doch giebt man ihm einiges Uebergewicht, damit es sich nicht von selbst hebt, auch wird dieses durch die Befestigung der Zugstangen verhindert.

Indem das Thor nicht nur von einer, sondern von beiden Seiten den Wasserdruck abhalten soll, so ist es auch von beiden Seiten verkleidet. Durch den Wasserdruck wird es indessen nur von einer Seite geschlossen erhalten, daher mufs es, wenn der Druck in entgegengesetzter Richtung erfolgt, noch besonders abgesteift werden, und hierzu dienen vier eiserne, stark verstrebte Vorreiber, die sich um horizontale Achsen drehn. Man bemerkt dieselben in allen drei Figuren, und zwar in derjenigen Stellung, wo sie das Thor stützen, nur in Fig. *a* sind sie durch punktirte Linien auch zurückgeschlagen gezeichnet. Zwei derselben treffen den obern, und zwei den mittlern Riegel. Ihre Achsen liegen in besondern Seitennischen, damit sie die Bewegung des Thors nicht hindern.

Wenn das Thor, wie gewöhnlich, niedergeschlagen ist, so kann es nicht fehlen, dafs auf demselben, sowie auf der ganzen Sohle des Canals eine Ablagerung von Schlamm und Sand sich bildet. Wie unbedeutend diese an sich auch sein mag, so tritt hier doch der Uebelstand ein, dafs sie beim Aufrichten des Thors herabgeleitet, und in die Fuge zwischen der Wendesäule und der Schlagschwelle fällt, wo sie entweder das vollständige Aufrichten

des Thors verhindert, oder die Wendesäule zurückdrängt und die feste Verbindung löst. Um nun den Sand und die Erde von dem Eintreten in jene Fuge abzuhalten, ist diese fortwährend mit einem Flügel aus Eisenblech überdeckt, der mittelst einer horizontalen Achse am Thor befestigt ist. Man sieht denselben Fig. *b* auf dem Vorboden aufliegen. Er ruht auf diesem, auch wenn das Thor niedergelegt ist, nur zieht er sich alsdann etwas weiter nach dem Thorkammerboden zurück.

Es ergiebt sich aus dieser Beschreibung, dafs das Sicherheitsthor sich nicht von selbst schliefst, vielmehr mufs dieses durch einen in der Nähe stationirten Wärter geschehn, der bei eintretendem starken Regen schon das Thor aufrichtet, ehe ein Dammbruch erfolgt ist. Wenn man aber einen Theil der Canalstrecke entleeren will, so bietet die Aufstellung des Thors gar keine Schwierigkeit. Wenn später die Strecke wieder gefüllt werden soll, so geschieht dieses mittelst zweier Oeffnungen im Thor, die aber nicht durch Schütze, sondern durch Klappen mit zwei Flügeln geschlossen werden, ähnlich denen, die § 72 beschrieben und Fig. 339 auf Taf. XLVIII gezeichnet sind. Im vorliegenden Fall tritt indessen der Wasserdruck sowohl von der einen, als von der andern Seite ein, wenn daher die Klappen sich leicht öffnen sollen, so mufs man beliebig jeden Flügel einer Klappe zu dem längern machen können. Man hat dieses dadurch erreicht, dafs man jede Klappe mit zwei vertikalen Drehungs-Achsen versehn hat (Fig. 380 *a* und *c*). Je nachdem man die eine oder die andre derselben herauszieht, bewirkt man, dafs der eine oder der andre Flügel der längere wird. Die Klappe dreht sich aber in beiden Fällen nach derselben Richtung, und dieses ist auch in sofern nothwendig, als zur Darstellung eines ziemlich wasserdichten Schlusses auch hier die vortretenden Ränder auf den Thorriegeln und Mittelstielen angebracht sind, gegen welche die Klappe sich lehnt, wenn sie geschlossen ist.

Schliefslich mufs noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs solche überaus schädliche Dammbrüche, welche die Einrichtung von Sicherheitsthoren fordern, keineswegs an vielen Stellen zu besorgen sind, vielmehr nur an einzelnen Punkten die Möglichkeit dieser Gefahr vorhanden ist. Aus den Localverhältnissen ergiebt sich also, wo der Canal zu schliefsen und in welcher Rich-

tung die Ausströmung zu verhindern ist. Hiernach begnügt man sich auch immer damit, diese Vorsichtsmafsregel nur in wenig Fällen in Anwendung zu bringen, während man bei vielen Canälen davon ganz absehn darf.

§. 85.

Speisebassins.

Es ist bereits erwähnt worden, dafs Speisebassins oder Reservoire in der Art dargestellt werden, dafs man geeignete Thäler durch Erddämme, oder durch hohe Mauern abschliefst, und auf diese Weise künstliche Seen bildet, deren Inhalt nach Bedürfnifs dem Canal zugeführt werden kann. Diese Thäler müssen recht weit, und mit hohen Wänden umschlossen sein, sich aber an einer für den Abschlufs geeigneten Stelle stark verengen, damit der Damm oder die Mauer nicht zu lang wird. Ferner ist es nothwendig, dafs sie gegen die zu speisende Canalstrecke hoch genug liegen, damit das Wasser noch mit hinreichendem Gefälle derselben zufliefsen kann. Der Bach, welcher das Thal durchfliefst, mufs so reichhaltig sein, dafs die Füllung des Bassins nicht allein beim Schmelzen des Schnees, sondern auch nach heftigem Regen während des Sommers zu erwarten ist. Wenn der umgebende Boden, von dem das Wasser dem Bassin zufliefst, weder sumpfig, noch mit Gebüsch und sonstiger üppiger Vegetation bedeckt, aber stark abschüssig ist, so dafs die Niederschläge nicht aufgehalten werden, vielmehr in Rinnen sich schnell sammeln und herabströmen, so ist das Local für solche Anlage besonders geeignet. Dieses Wasser würde, wenn man es nicht ansammelte, ganz unbenutzt abfliefsen, denn während der Zeit der stärksten Niederschläge speisen schon die andern Bäche den Canal. Bei Reservoiren tritt ferner der günstige Umstand ein, dafs sie nur ganz reines Wasser abgeben, indem die Steine, der Sand und die Erde darin schon vollständig niederschlagen. Damit aber die Verluste durch Filtration nicht zu grofs werden, mufs die Bodenbeschaffenheit des Reservoirs selbst, wie auch der Rigolen, möglichst dicht, auch müssen letztere nicht zu lang sein. Es ist daher sehr vortheilhaft, wenn das Reservoir nicht weit von der Scheitelstrecke entfernt ist.

Um zu beurtheilen, welchen Nutzen man sich von einem Reservoir versprechen darf, mufs man den cubischen Inhalt des mit Wasser zu füllenden Raums berechnen, nach Abzug des unteren Theils, welcher wegen Höhe der Abflufs-Oeffnung oder wegen mangelnden Gefälles nicht nutzbar ist. Zu diesem Zweck bestimmt man wieder in mäfsigen Abständen über einander die horizontalen Schnittlinien, und legt die von denselben eingeschlossenen Flächen der Rechnung zum Grunde. Im Allgemeinen pflegt man in Frankreich anzunehmen, dafs die während eines Jahrs aus dem Reservoir dem Canal zuzuführende Wassermenge dem doppelten Inhalt des Reservoirs gleich ist. Diese Annahme ist für manche Fälle zu geringe, für andre aber viel zu grofs. Die beim Abgange des Winters angesammelte Wassermenge kann freilich, soweit sie nicht durch Verdunstung und vielleicht auch durch Filtration sich vermindert, bei eintretender Dürre zur Speisung des Canals benutzt werden, wenn aber in der Zwischenzeit kein Regen fällt, der den Abgang wieder ersetzt, so unterbleibt der spätere Zufluſs, welcher die zweite Wassermasse darstellen sollte.

Augenscheinlich hat die Ausdehnung und Bodenbeschaffenheit der Fläche, auf welcher die Zuflüsse sich sammeln, wesentlichen Einfluſs auf die Ergiebigkeit des Reservoirs. Ein grofser Theil der Niederschläge zieht sich aber in den Boden ein, besonders wenn derselbe trocken ist. Schon Dalton stellte hierüber in kleinem Maafsstabe wichtige Messungen an (Theil I. § 4). In neurer Zeit hat der französische Ingenieur Graeff solche an einem grofsen Sammel-Bassin wiederholt*). Neben dem Teich von Gondrexange, der den Marne-Rhein-Canal speist, war ein Regenmesser aufgestellt (Theil I. § 2), während man die Ausdehnung der verschiedenen Schichten im Teich sorgfältig gemessen hatte, also aus der Veränderung des Wasserstandes in demselben auf die hinzutretende Wassermenge sicher schliefsen konnte. Es ergab sich hieraus, dafs diese Wassermenge stets nur ein Theil der im ganzen Quellengebiet gesammelten Niederschläge war, nämlich

im	I. Vierteljahr	0,86
„	II. „	0,46
„	III. „	0,32
„	IV. „	0,49.

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1856. II. pag. 129.

Wenn sonach zur Zeit der Dürre, wo das Bedürfniſs für den Canal am gröſsten wird, nicht nur die Niederschläge am geringsten, sondern zwei Drittheile derselben noch in den Boden eingesogen werden, so bleibt für die Füllung des Reservoirs wenig übrig, und dasselbe kann sich leicht so weit entleeren, daſs die Speisung des Canals ganz aufhört.

Nichts desto weniger ist nicht in Abrede zu stellen, daſs selbst in diesem Fall die Dauer der Canalsperre wegen Wassermangel durch die Reservoire abgekürzt wird, und es leidet keinen Zweifel, daſs solche Anlagen von Nutzen sind, wenn gleich ein unmittelbarer Zufluſs, der stets die nöthige Wassermenge liefert, unbedingt vorzuziehn ist.

Bei Einrichtung eines Speisebassins kommt vorzugsweise der Abschluſsdamm in Betracht, demnächst aber auch die Vorrichtung zum Ablassen des angesammelten Wassers. Aufserdem ist aber auch dafür zu sorgen, daſs das Bassin sich nicht bis über die Krone des Abschluſsdammes anfüllt, weil das von der ganzen Höhe herabstürzende Wasser theils den Damm selbst beschädigen, auch wohl durchbrechen, theils aber im Speisegraben Zerstörungen anrichten, und dem Canal übermäſsige Wassermassen zuführen würde. Man muſs also gewisse Ableitungen darstellen, durch welche das zuströmende Wasser einen Ausweg findet, sobald es sich der Krone des Dammes nähert. Selten bietet sich die Gelegenheit, dieses Wasser seitwärts in ein andres Thal zu weisen, weil die zwischenliegenden Wasserscheiden höher, als der Abschluſsdamm sind, dagegen kann man leicht zur Seite des Dammes eine Ableitung in das natürliche Bette des Baches darstellen. Am besten ist es, wenn der Ueberfall auf dem gewachsenen Felsboden sich einrichten läſst, und das darüber tretende Wasser den künstlichen Damm gar nicht berührt, sondern in einer davon getrennten Rinne in das Thal flieſst. Sollte dieses nicht ausführbar sein, und wäre man gezwungen, das Wasser über eine etwas vertiefte Stelle des Dammes selbst abzuführen, so müſste diese wenigstens seitwärts liegen, damit die Strömung vom Damm entfernt und in ein besonderes, gehörig befestigtes Bette gewiesen werden könnte.

Endlich hat man zuweilen auch dafür gesorgt, daſs die Speisebassins sowohl während der ersten Anlage, als auch während der Dauer der nothwendigen Reparaturen und Räumungen kein Wasser

aufnehmen, selbst wenn starke Regen alsdann eintreten. Man muſs zu diesem Zweck die Bäche, die sich in das Bassin ergieſsen, schon vorher abfangen, und um letzteres herumleiten. Eine solche Anordnung verbietet sich indessen gemeinhin dadurch, daſs die Seitenwände zu steil und zu unregelmäſsig ansteigen. Es bleibt alsdann nur übrig, vor der Ausführung des Abschluſsdammes die Vorrichtung zum Ablassen des Wassers vollständig herzustellen und durch diese den freien Abfluſs zu eröffnen, während darüber fort die Mauer oder der Erddamm errichtet wird. Bei späteren Reparaturen muſs man hierzu eine Zeit wählen, in welcher ein starker Regen voraussichtlich nicht zu erwarten ist. Sollte ein solcher aber dennoch eintreten, so wird die Arbeit unterbrochen, und eine günstigere Zeit abgewartet.

Zur Abschlieſsung des Speisebassins dienen entweder Mauern oder Erdschüttungen. In manchen Fällen verbindet man auch beide Constructions-Arten und verstärkt die Mauern durch angeschüttete Erd-Dossirungen.

Die Mauern sind auf festem Boden und bei festen Seitenwänden des Thals unbedingt den Erddämmen vorzuziehn, weil manche Zufälligkeiten ihnen am wenigsten nachtheilig sind, auch die Wasserdichtigkeit sich bei ihnen am vollständigsten erreichen läſst. Dazu kommt noch, daſs in Gebirgsgegenden das zur Ausführung der Mauer erforderliche Steinmaterial meist leichter beschafft werden kann, als Erde, die für eine wasserdichte Dammschüttung tauglich wäre. Nichts desto weniger erfordert auch die Anordnung und Ausführung einer solchen Mauer grosse Vorsicht, besonders wenn sie eine bedeutende Höhe erhält, und das Wasser beinahe eben so hoch davor angestaut werden soll. Man hat es in diesem Fall mit Druckhöhen zu thun, die in einzelnen Fällen sich bis 150 Fuſs steigern.

Jedenfalls muſs die Mauer hinreichende Stabilität haben, um dem Druck des Wassers widerstehn zu können. Letzterer ist aber bedeutender, als derjenige, den eben so hohe Erdschüttungen ausüben. Die Mauer muſs also stärkere Dimensionen, als eine gewöhnliche Futtermauer erhalten.

Bei groſser Höhe der Mauer muſs schon mit Rücksicht auf die rückwirkende Festigkeit des Materials, ganz unabhängig vom Seitendruck, eine bedeutende Verbreitung des Profils von oben

nach unten eintreten. Es ist bekannt, dafs in dieser Beziehung die Seiten des Profils nach logarithmischen Linien gekrümmt sein müssen *). Wird aber dabei noch der Seitendruck betrachtet, so ergiebt sich, dafs die thalwärts gekehrte Seite gegen den Fufs der Mauer noch weiter vortreten mufs. Für jeden speciellen Fall ist daher die passendste Form zu ermitteln. Delocre hat hierüber sehr eingehende Untersuchungen angestellt **), und Graeff theilt eine grofse Anzahl Profile mit, die in solchem Falle in Frankreich gewählt sind ***).

Die zweite Bedingung, nämlich die der Wasserdichtigkeit, veranlafst gemeinhin, dafs man die Stärke noch mehr vergröfsert, um die Bildung feiner Wasseradern zu verhindern. Aus beiden Gründen rechtfertigt es sich, die Mauern nicht lothrecht aufzuführen, sondern sie wenigstens an einer Seite zu böschen, oder durch Anbringung von Banketen ihre Stärke von oben nach unten wachsen zu lassen. In manchen Fällen hat man ihre obere Breite dem dritten Theil der Höhe gleich, und die untere beinahe doppelt so grofs, als die obere gemacht. Die Bankete legt man zuweilen auf die dem Reservoir zugekehrte, oder auf die innere Seite der Mauer, und giebt der äufsern nur eine mäfsige Neigung gegen das Loth. Diese Anordnung rechtfertigt sich dadurch, dafs auf derjenigen Mauerfläche, welche der Witterung stets ausgesetzt bleibt, der Regen sich nicht ansammelt, vielmehr möglichst schnell davon abfliefst. Die Stabilität der Mauer würde freilich bei gleicher Profilfläche noch gröfser sein, wenn die dem Wasser abgekehrte Seite flacher gehalten wäre. Man vertheidigt die beschriebene Anordnung der Mauer noch dadurch, dafs man meint, ihre Stabilität werde durch den lothrechten Druck des Wassers gegen die Bankete noch vergröfsert. Diese Ansicht ist indessen wohl nicht richtig, man mufs vielmehr annehmen, dafs die Feuchtigkeit in der Mauer unter demselben Druck wie das äufsere Wasser sich befindet, und sonach den abwärts gekehrten Druck des letztern, durch einen eben so grofsen aufwärts gekehrten, aufhebt. Die feinste Fuge, welche zufällig in der Mauer sich bildet, würde wenigstens die Wir-

*) Ueber Form und Stärke gewölbter Bogen und Kuppeln von G. Hagen. Berlin 1874. § 13.

**) *Annales des ponts et chaussées.* 1866. II. pag. 212.

***) *Annales des ponts et chaussées.* 1866. II. pag. 184.

kung jenes Drucks sogleich vernichten. Endlich gilt für die Bestimmung des Profils auch in diesem Fall die Regel, dafs jeder einzelne Theil der Mauer an sich die nöthige Stabilität haben mufs, und dafs sonach die Anbringung von Strebepfeilern entbehrlich ist, die freilich bei Mauern dieser Art nicht selten vorkommen.

Hierbei entsteht noch die Frage, ob man die Mauern in gerader Richtung durch das Thal führen, oder ob man ihnen die Form eines horizontalen Bogens geben soll, dessen convexe Seite dem Reservoir zugekehrt ist. Der Grund, welcher eine ähnliche Form für Wehre in einem Flufs empfahl, nämlich die Ablenkung des darüber fliefsenden Wassers von den Ufern (§ 43), fällt hier fort. Man könnte bei einer solchen Anordnung im vorliegenden Fall nur die Absicht haben, das Ueberweichen oder das Verschieben der Mauer zu verhindern, indem man sie gegen die Seitenwände des Thals, wie einen Bogen gegen feste Widerlager stützt. Wenn letztere aus festem, gewachsenem Gestein bestehn, auch sich so steil erheben, dafs ein Zurückdrängen des Bogens nicht zu besorgen ist, so möchte zwar der Widerstand gegen den Wasserdruck sich vergrössern, doch müfste man immer die Mauer so stark machen, als dieses die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit fordert, auch müfsten die Steine in den Stofsfugen zu diesem Zweck so scharf schliefsend versetzt werden, dafs der Seitendruck in die Längenrichtung des Bogens übergeht. Es liegt indessen kein Grund vor, weshalb man von diesem Mittel zur Verstärkung der Mauern nicht Gebrauch machen sollte, wenn die localen Verhältnisse es gestatten. Die Verlängerung der Mauer und die hieraus entspringende Vergröfserung ihrer Masse ist bei flachem Bogen höchst unbedeutend.

Eigenthümlich war die Bewegung, welche die Mauer des Bassins Grosbois am Canal de Bourgogne machte. Als man nämlich das Bassin zum ersten Mal füllte, zeigten sich Risse in der Mauer, und zwar trennte sich der mittlere Theil derselben, der auf der Thallsohle stand, von den beiden Enden. Dieser gelöste Theil hatte eine Länge von etwa 600 Fufs und war 65 Fufs hoch. Die Risse zeigten sich indessen nur in dem untern Theil, indem die Mauer elastisch genug war, um sich oben zu krümmen, ohne zu brechen. Die Pfeilhöhe der Krümmung betrug über 2 Zoll. Sobald das Wasser abgelassen war, fand man die Mauer ziemlich nahe in ihrer frühern Stellung, und man überzeugte sich bald, dass sie

schon merklich überwich, wenn das Bassin etwa zur Hälfte gefüllt war. Die Ursache dieser Erscheinung ist ohne Zweifel in der losen Beschaffenheit des Untergrundes zu suchen, der die grofse darauf ruhende Last nicht so sicher trägt, dafs dieselbe noch im Gleichgewicht bleibt, sobald das davor angesammelte Wasser die Stärke und Richtung des Drucks wesentlich verändert.

Die Fundirung einer solchen Mauer, wie hoch sie auch sein mag, erleichtert sich sehr, sobald man in mäfsiger Tiefe unter der Thalsohle gewachsenen Felsboden antrifft. Es sind jedoch auch in diesem Fall die Vorsichtsmaafsregeln zu beobachten, auf welche bereits früher (Theil I § 32) aufmerksam gemacht ist, und es kommt hier nicht nur darauf an, die Mauer vor einem möglichen Herabgleiten auf dem schrägen Felsboden zu sichern, sondern man mufs auch das Mauerwerk in eine innige Verbindung mit dem Untergrunde treten lassen, damit sich nicht Wasseradern zwischen beiden hindurchziehn. Man erreicht dieses am leichtesten, wenn man die Verbindung nicht in einer regelmäfsigen Fläche, oder in einer Ebene darstellt, vielmehr vortretende Schwellen darin bildet, welche die Wasseradern unterbrechen. Hierzu dienen besonders Heerdmauern, die einige Fufs tief in den Felsboden eingreifen, und mit der eigentlichen Mauer in inniger Verbindung stehn. Dasselbe Verfahren findet auch gewöhnlich Anwendung, wenn das Fundament nicht den Felsboden berührt, vielmehr, wie in solchen Thälern häufig geschieht, nur in groben Kies herabreicht. Grofse Vorsicht ist alsdann nöthig, um das Durchdringen der Quellen unter der Mauer zu verhindern, oder wenigstens so zu mäfsigen, dafs der Wasserverlust nur unbedeutend bleibt. Die Anwendung von Spundwänden verbietet sich alsdann, und man kann die Dichtung des Untergrundes nur dadurch bewirken, dafs man wieder Heerdmauern recht tief einschneiden läfst, auch wohl der Sicherheit wegen mehrere derselben hinter einander legt. Sind die Gräben, die zu diesem Zweck ausgehoben werden, ganz trocken (was meist ein übles Zeichen in Betreff der Wasserdichtigkeit des Untergrundes wäre), so ist die Aufführung eines regelmäfsig geschichteten Mauerwerks mit vollen Mörtelfugen vorzuziehn. Wenn dagegen die Gräben mit Grundwasser gefüllt bleiben, und nur durch Baggern bis zur beabsichtigten Tiefe ausgehoben werden können, so ist es vortheilhafter, sie mit Béton zu füllen, als sie durch Schöpfmaschinen trocken zu

legen, weil in diesem Fall das Grundwasser aus der Tiefe hervorquellen und die Thontheilchen fortspülen würde, die sich um den Kies abgelagert und denselben gedichtet haben.

In Betreff der Ausführung der eigentlichen Mauer hat man nicht nur deren Festigkeit und Dauerhaftigkeit, sondern auch die Wasserdichtigkeit zu beachten. Man mufs daher festes und lagerhaftes Steinmaterial, und dieses in gleichmäfsigen Schichten in der ganzen Stärke der Mauer verwenden, so dafs nicht etwa die Lagerfugen und die Mörtelmassen im Innern viel stärker, als in den äussern Flächen sind. Ueberhaupt müssen wieder alle Vorsichts-Maafsregeln beachtet werden, von denen bei Gelegenheit der Futtermauern (§ 4) und der Schleusenmauern (§ 64) die Rede war.

Es mag hier noch des eigenthümlichen Verfahrens Erwähnung geschehn, das man bei der Abschlufsmauer des Bassins von Lampy anwendete, um dieselbe wasserdicht zu machen. Dieses Bassin speist den Canal du Midi und faſst 120 Millionen Cubikfufs. Die Mauer ist nahe 400 Fufs lang und in der tiefsten Einsenkung des Thals 50 Fufs hoch. Gleich bei der ersten Füllung des Bassins bemerkte man eine starke Filtration, und zwar durch die Mauer selbst. Um derselben Einhalt zu thun, schüttete man unmittelbar vor der Mauer grosse Massen gelöschten und in Staub zerfallenen Kalkes in das Wasser. Derselbe folgte den feinen Wasseradern und überdeckte die innere Mauerfläche, die sich weifs färbte und zugleich so dicht wurde, dafs die Filtration ganz aufhörte *).

Um die Anordnung solcher Bauwerke an Beispielen zu erläutern, erwähne ich zuerst die vor dem Reservoir Settons an der Yonne ausgeführte Abschlufsmauer, die 1858 fertig gestellt wurde **). Das Bassin Settons dient vorzugsweise zur Speisung der Yonne und liefert das zur Erhaltung der Schiffahrt nöthige Wasser.

Die Mauer, aus Granit erbaut, ist im Ganzen 750 Fufs lang und über der tiefsten Einsenkung des Thals 64 Fufs hoch. Ihre Stärke mifst in der Krone 13,6 und unten 70 Fufs. In der Thalseite steigt sie nahe senkrecht auf, während die dem Bassin zugekehrte Seite im Verhältnifs von 10 : 3 geneigt ist. Sie führt in

*) Woltman, Beiträge zur Baukunst schiffbarer Canäle. Seite 58.
**) Förster's allgemeine Bauzeitung 1866. Seite 379.

gerader Richtung quer durch das Thal, und ist thalabwärts mit wenig vorspringenden Pfeilern versehn, die sie indessen nicht sowohl stützen, als nur die Einförmigkeit ihres Ansehns unterbrechen sollen.

Die Schiffahrt auf der Yonne wird periodisch in sogenannten Schleusungen (§ 57) ausgeübt, deren jede 48 Millionen Cubikfuſs Wasser fordert, wovon jedoch das Bassin nur den dritten Theil liefern darf.

Zum Ablassen des Wassers sind drei Gruppen von Oeffnungen in verschiedenen Höhen und abwechselnd auf einer und der andern Thalseite eingerichtet, die dem jedesmaligen Wasserstande enrsprechend benutzt werden. Das hindurchtretende Wasser wird in eben so vielen besondern Canälen längs der Ufer herabgeführt. Jede Gruppe hat fünf Oeffnungen 3,2 Fuſs hoch und 2,2 Fuſs weit. Die eichenen Schütze, die sie schlieſsen, werden von der Krone aus mittelst transportabler Winden gezogen. Aufserdem befindet sich zur Seite noch ein 11,8 Fuſs breiter Ueberfall, der in Wirksamkeit tritt, sobald das Reservoir gefüllt ist.

Grofsartiger ist die 1862 bis 1866 erbaute Abschluſsmauer durch den sogenannten Höllenschlund des Furens-Baches*). Letzterer schwoll sowohl beim Schmelzen des Schnees, wie auch bei starken Gewitterregen so hoch an, daſs die Umgebungen von St. Etienne und die Stadt selbst dabei vielfach grofsen Schaden erlitten. Es wurde daher das Thal abgeschlossen, und in dem so gebildeten Bassin, das 58 Millionen Cubikfuſs Wasser aufnehmen konnte und alsdann etwa 4 Morgen in der Oberfläche umfaſste, sollte die Fluth aufgefangen, und später daraus nach und nach abgelassen werden.

Die Mauer, wieder aus Granit-Bruchsteinen sehr sorgfältig ausgeführt, ist 318 Fuſs lang und staut in der tiefsten Einsenkung des Thals das Wasser 160 Fuſs vor sich auf. Sie ist nicht in gerader Richtung, vielmehr im Bogen, dessen Krümmungsradius 800 Fuſs mifst, durch das Thal geführt. Sie erhebt sich noch 6 Fuſs über den bezeichneten höchsten Wasserstand und bildet hier zwischen zwei Brustmauern einen Fahrweg. Dieser obere Theil der

*) Röder „die Loire und ihre Wasserverhältnisse“ in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. 1867. Seite 396, auch Gräff „*barrage du gouffre de l'enfer sur le Furens.*“ *Annales des ponts et chaussées.* 1866. pag. 184.

Mauer ist 16 Fuſs hoch und nur 10 Fuſs stark. Darunter verstärkt sich die Mauer plötzlich bis auf 21,5 Fuſs, und von hier ab wird ihr Profil auf beiden Seiten durch Curven begrenzt, die den Pressungen entsprechend nach dem Fuſse hin stets flachere Neigungen annehmen. 134 Fuſs tiefer hat die Stärke der Mauer auf der Seeseite um 22 Fuſs und auf der Thalseite um 86 Fuſs zugenommen, so daſs hier das Profil 130 Fuſs breit wird, während jene Curven sich oben tangential der Lothlinie anschlieſsen. Die Mauer ruht endlich auf einem mit doppelten Banketen versehenen Fundament.

Zum Ablassen des Wassers dienen zwei in überwölbten Canälen liegende eiserne Röhren, deren lichte Weite 18 Zoll miſst, und die man von der Krone des Dammes aus durch Klappenventile schlieſsen kann. Die Drehungsachsen der letztern befinden sich in der Richtung ihrer Durchmesser, woher der darauf wirkende Wasserdruck die Bewegung nicht hindert. Zur Abführung des noch zufliefsenden Wassers, nachdem das Bassin bis zur normalen Höhe bereits gefüllt ist, hat man zur Seite einen $4\frac{1}{2}$ Fuſs breiten und 6 Fuſs hohen Tunnel durch die Felswand gesprengt.

Eine andre Art, die Thäler abzuschlieſsen, besteht darin, daſs man Erddämme hindurchschüttet. Dieses Verfahren hat häufiger, als das erste, Anwendung gefunden, gemeinhin ist es auch das wohlfeilere, namentlich wenn die Thäler nicht von nackten Felswänden eingeschlossen, vielmehr ihre Seitenabhänge mit fruchtbarer Erde bedeckt sind, und solche auch den Thalgrund bildet. Indem der Boden in diesem Fall nicht hinreichend fest ist, um hohe und schwere Mauern mit Sicherheit zu tragen, die Ausführung eines Pfahlrostes aber groſse Kosten verursachen, und dennoch kaum jede Besorgniſs in Bezug auf die Wasserdichtigkeit des Untergrundes beseitigt würde, so empfiehlt sich auch in dieser Beziehung eine Dammschüttung, deren Wasserdichtigkeit nicht aufgehoben wird, wenn sie auch merklich und selbst ungleichmäſsig sich setzen sollte. Indem der Damm schon mit Rücksicht auf seine Stabilität flacher Dossirungen auf beiden Seiten bedarf, so wird auch das Durchdringen des Wassers in der Nähe seines Fusses sehr erschwert, und selbst in dem Untergrund finden die Adern weniger leicht den Durchgang, da der Weg, den sie hier zurücklegen müssen, sehr lang ist.

Das Profil des Erddammes, sehr ähnlich dem eines Deiches,

wird von der Krone und den Seiten-Dossirungen begrenzt. Die Krone mufs nach Maafsgabe der Tiefe und der Ausdehnung des Speisebassins 3 bis 5 Fufs, auch wohl noch höher über dem höchsten Wasserspiegel gehalten werden, weil bei Stürmen wegen der grofsen Tiefe heftige Wellenbewegungen eintreten. Auf den Reservoiren des Canals du Centre will man Wellen von 6 und sogar von 10 Fufs Höhe bemerkt haben. Dieser Umstand macht die Abpflasterung der Krone und der innern Dossirung nothwendig, nichts desto weniger mufs die Krone auch eine bedeutende Breite erhalten, die man gemeinhin zu 18 Fufs annimmt, unter ungünstigen Umständen aber noch gröfser macht. Obwohl die innere Dossirung, die dem Bassin zugekehrt ist, durch ein Steinpflaster oder durch ein Perré gesichert wird, so darf man sie dennoch nicht zu steil halten. Dieses ist um so weniger zulässig, als der Wasserstand grossen Veränderungen unterworfen ist, wodurch beim Ablassen des Wassers die durchnäfste Erde den Gegendruck verliert, und alsdann, ohnerachtet der Befestigung ihrer Oberfläche, durch diese hindurch ausgespült wird. Hiernach darf man keine steilere Böschung, als mit $1\frac{1}{2}$facher Anlage wählen, und im Allgemeinen empfiehlt es sich gewifs, sie noch flacher zu halten. In England ist die zweifache Anlage üblich, und dieselbe wird meist auch auf der äufsern, oder der dem Canal zugekehrten Seite angenommen, wiewohl die Veranlassung zu Beschädigungen hier minder bedeutend ist.

Zu diesen Dämmen eignet sich am besten eine gewöhnliche leichte Erde, das heifst diejenige Mischung von Thon und Sand, die auch für den Getreidebau sich besonders eignet. Der reine Thon, obwohl er bei compacter Ablagerung die Bildung von Quellen am sichersten verhindert, hat eines Theils den Nachtheil, dafs er in der Dürre stark reifst, und sodann ist er auch zu fest, um nachzusinken, falls Höhlungen darin entstehn sollten. Indem diese Dämme wegen ihrer grofsen Höhe und freien Lage im Sommer austrocknen, während beim Verbrauch des angesammelten Wassers endlich nur noch ihr Fufs benetzt wird, und selbst alles Wasser zuweilen abfliefst, so erfolgt das Reifsen und Zerklüften des Thons, wenn die Dämme aus solchem bestehn, in höchst nachtheiliger Weise.

Dagegen ist der reine Sand, obwohl einzelne starke Quellen

sich darin nicht bilden können, dennoch zu diesem Zweck nicht brauchbar, weil das Wasser zu leicht hindurchsickert.

Ein Gemenge von Thon und Sand ist daher am meisten zu empfehlen, wie dieses auch aus etwas andern Gründen zur Darstellung von Fangedämmen als besonders geeignet bezeichnet wurde (Theil I. § 43). Man findet solche Erde sehr häufig, und wenn sie nicht in hinreichender Menge vorkommen sollte, um den ganzen Damm daraus zu schütten, so mufs sie wenigstens an gewissen Theilen desselben und namentlich in der Mitte verwendet werden, um in der ganzen Höhe einen sichern und wasserdichten Schlufs darzustellen.

Die Erde darf nicht in grossen Massen lose aufgeschüttet, mufs vielmehr möglichst fest gelagert werden, damit keine hohlen Räume dazwischen bleiben, auch kein starkes Setzen des Dammes eintritt, das sich freilich niemals ganz verhindern läfst. Aufserdem ist noch besondere Vorsicht darauf zu verwenden, dafs die Erdmasse sich innig verbindet, und nicht etwa verschiedenartige Schichten über einander liegen, die unter sich scharf getrennt, leicht ein Durchdringen der Wasseradern gestatten.

Zu diesem Zweck müssen zunächst alle fremdartigen Körper aus dem Damm ferngehalten werden. Man darf nur reine Erde verwenden, wogegen Rasen, Torf, Holz, Zweige u. dgl. sorgfältig beseitigt werden müssen. Hierzu gehört auch, dass man den Damm nicht auf den Rasen schütten, sondern letztern vielmehr zuvor abstechen und fortschaffen mufs. Die Erde wird in dünnen Lagen aufgebracht, die äufersten Falls nur etwa 6 Zoll stark sein dürfen, und gemeinhin noch schwächer sind. Dabei entsteht die Frage, ob diese Schichten horizontal gehalten, oder in welcher Richtung sie geneigt werden sollen. Man nimmt an, dafs sie sich unter einander nicht so innig verbinden, als die Erdtheilchen in den einzelnen Lagen, woher die Besorgnifs entsteht, dafs Quellen zwischen je zwei Lagen sich hindurchziehn möchten. Aufserdem meint man auch, dafs Abrutschungen der Dossirungen aus demselben Grunde vorzugsweise auf den nach der Richtung des Thals geneigten Lagen erfolgen. Hiernach besorgt man bei horizontalen Lagen die Bildung von Quellen, und bei geneigten Lagen das Abrutschen in einer oder der andern Richtung. Man hat deshalb vielfach und namentlich in England eine Schüttung in gekrümmten

Lagen, und zwar so, dafs die concave Seite aufwärts gekehrt ist, gewählt, wie Fig. 374 auf Taf. LIV zeigt. Indessen dürfte die Besorgnifs einer mangelhaften Verbindung der einzelnen Lagen sich nicht rechtfertigen, wenn dieselben nicht stark sind und beim Feststampfen keine glatte Oberfläche erhalten. Findet letzteres statt, so bildet sich allerdings kein inniger Zusammenhang mit den folgenden Lagen.

Minard empfiehlt in der letzten Beziehung verschiedene Maafsregeln, die allerdings zweckmäfsig erscheinen. Dahin gehört zunächst der Gebrauch von Stampfen oder Handrammen, deren untere Flächen oder Bahnen nicht glatt, sondern mit starken Unebenheiten versehn sind. Besonders wird solcher Stampfen erwähnt, die bei jedem Schlage ein vertieftes Kreuz in dem Boden bilden. Ein andres Verfahren bezieht sich darauf, dafs nach dem Abrammen einer jeden Lage eine schwere gufseiserne gereifte Walze darüber gerollt wird. Dieselbe mufs so bewegt werden, dafs die Furchen, die sie bildet, in die Längenrichtung des Damms treffen, also die Wasseradern sicher unterbrechen. Derselbe Erfolg wird aber auch herbeigeführt, wenn man, wie bei Deichanlagen oft geschieht, die Erde nicht auf untergelegten Bohlen ankarren, vielmehr ohne irgend eine Befestigung des Weges auf Wagen oder gröfsern Karren mit Pferden anfahren läfst. Der Transport kann dadurch freilich bedeutend erschwert und vertheuert werden, aber gerade dieses fortwährende Einschneiden der Räder und das tiefe Eintreten der Pferde in den frisch aufgeschütteten Boden verbindet die Schichten miteinander.

Eine andre Vorsichtsmaafsregel, die unbedingt beobachtet werden mufs, bezieht sich darauf, dafs man keine ganz trockne Erde verwenden darf, weil eine solche sich nicht befestigen und sich nicht stampfen läfst. Ein künstliches Anfeuchten durch Besprengen mit Wasser ist allerdings möglich, aber es vertheuert die Arbeit so sehr, dafs man es immer vorzieht, den Wiedereintritt der feuchten Witterung abzuwarten. Doch kommt es vor, dafs man bei grofser Hitze, um die Verbindung der folgenden mit einer bereits abgerammten Lage zu erleichtern, diese vor dem Aufbringen jener mit Wasser besprengt. Minard empfiehlt, hierzu nicht reines Wasser, sondern Kalkmilch zu verwenden, die eine noch innigere Verbindung veranlassen soll.

Die Höhe, zu der man den Damm aufführt, muſs gröſser, als die beabsichtigte Kronenhöhe sein, weil aller Vorsicht unerachtet dennoch ein merkliches Setzen des Erdkörpers nie zu vermeiden ist. Es mag hier nur darauf aufmerksam gemacht werden, daſs dieses Setzen um so stärker ist, je mehr Thon die verwendete Erde enthält. Bei reinem Sande ist es sehr unbedeutend. Das Maaſs des Setzens soll bei Gelegenheit der Erdarbeiten an Canälen näher angegeben werden, sowie auch die weitere Behandlung des Dammes, und namentlich die Darstellung regelmäſsiger Dossirungen und die Bekleidung derselben mit Rasen alsdann speciell beschrieben werden wird.

In England ist es üblich, diese Dämme noch durch einen Kern von besonders dicht abgelagertem Thon, oder eine Thonwand (*Puddle*) gegen die Filtration zu sichern. Diese Methode wird auch bei Canaldämmen gewöhnlich angewendet, woher ihre Beschreibung dort die passendere Stelle finden wird. Hier wäre nur zu bemerken, daſs dem Thon oft groſse Massen Kies zugesetzt werden, wodurch er gegen das starke Schwinden und Reiſsen zur Zeit der Dürre geschützt wird. Die Figuren 369 und 372 zeigen zwei solche Abschluſs-Dämme, die beide im Innern die erwähnten Thonwände haben. Der erste ist an dem Birmingham-Warwick-Canal ausgeführt, und die Thonwand darin ist 6 Fuſs stark, der letzte dagegen, dessen Höhe 25 Fuſs beträgt, ist von Telford vor dem Rotten-Park-Reservoir erbaut, welches den Canal von Birmingham nach Staffordshire speist.

Der zuweilen eintretende starke Wellenschlag in den Speisebassins greift die demselben ausgesetzten Dossirungen der Abschluſsdämme hart an, und um diese zu sichern, genügt es nicht, sie möglichst flach zu halten, sie müssen vielmehr mit Steindecken bekleidet werden. In manchen Fällen hat man zu diesem Zweck Steinschüttungen angewendet, aber durch die weiten Fugen derselben setzt sich der abwechselnd stärkere oder schwächere Druck des Wassers leicht bis zu der darunter liegenden feinen Erde fort, und spült diese heraus, worauf die Steinschüttung nachsinkt. Es ist daher besser, ein möglichst dicht schlieſsendes Pflaster oder ein Perré anzuwenden. Dieses muſs aber ein gröberes Material, also eine Schüttung von Kies oder Bauschutt, zur Unterlage haben, damit nicht etwa wieder die feinen Erdtheilchen durch die Fugen

hindurchdringen. Der Zweck der Steindecke ist, wie erwähnt, nur der, dafs sie Schutz gegen die unmittelbare Einwirkung des Wellenschlages bieten soll. Dieser Wellenschlag tritt aber bei der verschiedenen Füllung des Bassins in allen verschiedenen Höhen ein, und sonach darf auch der Schutz nirgend fehlen, er mufs sich vielmehr auf die ganze innere Böschung ausdehnen, und selbst auf die Krone, weil auch diese bei hohem Wasserstand von den überstürzenden Wellen getroffen wird.

Bei dem in der Nähe von Dublin erbauten sogenannten Bann-Reservoir hat man der, dem Wasser zugekehrten Dossirung des Erddammes eine $2\frac{1}{2}$fache, und im untern Theil sogar eine dreifache Anlage gegeben. Der Damm ist 45 Fufs hoch. Das starke, aus hochkantigen Steinen gebildete Pflaster auf dieser Dossirung ruht auf einer 3 Fufs starken Kiesschüttung, und darunter befindet sich eine eben so starke Lage von trocknem, sorgfältig verpacktem und fest angerammtem Torf. Derselbe quillt beim Zutritt des Wassers, schliefst alsdann sehr dicht die Fugen, und verhindert dadurch das Entstehn von Wasseradern, während er zugleich ein festes Unterlager für den Kies bildet. In der Mitte des Dammes befindet sich aufserdem noch eine starke Thonwand.

Man hat in neuerer Zeit in Frankreich statt der sonst üblichen Steindecken von gleichmäfsiger Stärke wiederholentlich ein System von niedrigen Mauern zur Sicherung der innern Böschungen solcher Dämme zur Ausführung gebracht. Es ist davon schon bei Gelegenheit der trocknen Mauern (§. 5) die Rede gewesen, und ein Profil dieser Mauern stellt Fig. 31 auf Taf. III dar. Bei den in Rede stehenden Abschlufsdämmen werden dieselben jedoch der gröfsern Sicherheit wegen meist in Mörtel ausgeführt, sie haben aber mit den trocknen Mauern die Eigenthümlichkeit gemein, dafs sie auf der Erdschüttung ohne feste Fundirung aufstehn und am Setzen derselben Theil nehmen. Man darf deshalb von ihnen auch nicht erwarten, dafs sie ihre Verbindung vollständig erhalten und nicht brechen sollten, aber wenn solche Trennungen und Brüche auch entstehn, so bleiben noch immer viel gröfsere Massen mit einander verbunden, als wenn man einzelne Steine verwendet hätte. Die Decke bleibt daher, wenn sie auch zerbrochen ist, noch sicher gelagert und gewährt der darunter befindlichen Erde Schutz

gegen die Einwirkung des Wellenschlages. Diese Methode soll sich als sehr zweckmäfsig bewährt haben.

In gleicher Weise ist auch der in neurer Zeit ausgeführte Abschlufsdamm vor dem Reservoir Mittersheim geschützt.*) Dieses Reservoir dient zur Speisung des Saar-Canals. Der Damm besteht nur aus aufgeschütteter und sorgfältig angestampfter Erde. Seine Länge mifst 88 Ruthen, seine gröfste Höhe 28 Fufs und seine Kronenbreite 19 Fufs. Die thalseitige Dossirung hat im obern Theil $1\frac{1}{2}$ fache, im untern Theil nahe 2 fache Anlage und ist durch ein 6,5 Fufs breites Banket unterbrochen. Auf der Seite nach dem Reservoir befinden sich zwei Bankete von 9 Fufs Breite, die aber nicht horizontal liegen, sondern fünffache Anlage haben. Dieselben sind 1,5 Fufs hoch mit Steinsatz und Pflaster überdeckt. Die dazwischen und darunter liegenden Dossirungen sind im Verhältnifs von 4 zu 3 bis 3 zu 2 gegen den Horizont geneigt. indem sie abwärts immer steiler werden. Sie sind mit trocknen Mauern oder Perrées von 2 Fufs Stärke überdeckt, und diese stehn auf stark verbreiteten Fundamenten.

Man hat auch die beiden beschriebenen Methoden zur Darstellung der Abschlufswände vor Speisebassins mit einander verbunden, und die durchgehende hohe Mauer, welche den Rücken oder die Krone des Dammes bildet, zu beiden Seiten durch angeschüttete Erddossirungen verstärkt. Ob hierbei wirklich ein Vortheil erreicht wird, mufs dahingestellt bleiben, weil ein genauer Anschlufs der Erdschüttung an das Mauerwerk doch nicht erwartet werden kann, und wenn solcher vielleicht auch ursprünglich stattfinden sollte, wird er beim Setzen der Erde aufgehoben. Jedenfalls ist die innere, oder die dem Bassin zugekehrte Erdböschung denselben Beschädigungen ausgesetzt, als wenn die Mauer nicht vorhanden wäre. Man mufs hiernach annehmen, dafs die Verbindung der beiden Constructionsarten keineswegs vortheilhaft ist, vielmehr jeder einzelnen nachsteht, und überdiefs sehr kostspielig wird. Die Erfahrung hat diese Ansicht auch bestätigt.

Das Bassin St. Fériol, welches die Scheitelstrecke des Canals

*) *Hirsch, Note sur le rèservoir de Mittersheim in den Annales des ponts et chaussèes* 1869 I. pag. 218.

du Midi speist, wird durch einen Damm dieser Art geschlossen, Fig. 370 auf Taf. LIII zeigt in *a* den Querschnitt des Dammes, und in *b* den Grundrifs des mittleren Theils desselben. Eine Mittelmauer von 100 Fufs Höhe bildet den Kern des Abschlufsdammes, ihre ganze Länge beträgt 210 Ruthen. Im Abstande von 200 Fufs befindet sich an jeder Seite noch eine Mauer, gegen welche sich jedesmal der Fufs der anschliefsenden Erdböschung lehnt. Auf der im Reservoir liegenden Mauer ist ein Thurm *B* aufgeführt, in welchem man, sobald das Wasser hinreichend tief gesunken ist, zu dem überwölbten Canal und zu den Schützen herabsteigen kann, welche erstern schliefsen. Die beiderseitigen Böschungen bestehn aus verschiedenen, und zum Theil aus solchem Material, welches sich zu diesem Zweck wenig eignet. Doch soll ursprünglich eine 6 Fufs starke Decke von zähem Thon auf die Dossirungen aufgebracht gewesen sein. Die innere Dossirung liegt, wie die Figur zeigt, sehr niedrig, und ist mit keiner Steindecke versehn. Die äufsere Dossirung dagegen reicht bis zur vollen Höhe der Mauer herauf und ist in der Nähe der Krone gepflastert. Die Filtration ist in dem Damme übermäfsig stark, und schon früher hat man versucht, durch Verblendung der Mauer auf der Wasserseite derselben zu begegnen. Besonders heftige Adern dringen aber in den überwölbten Gang ein, der zu den Schützen führt, mittelst deren man das Bassin entleert. Aufserdem ist die Mittelmauer, wie Minard anführt, sehr stark übergewichen und ausgebaucht, wiewohl sie auf dem gewachsenen Felsboden aufstehn soll. Wenn das Bassin vollständig gefüllt ist, fafst es nach einer ältern Messung 224 Millionen Cubikfufs.

Sehr übereinstimmend mit diesem Damm ist auch derjenige angeordnet, der das Bassin Couson neben dem Canal Givors abschliefst. Man hat indessen hier manche wesentliche Verstärkungen und sonstige Sicherungs-Mafsregeln angewendet. Dahin gehört, dafs alle drei Mauern, und namentlich die mittlere, viel stärker gemacht sind, als am Bassin St. Fériol. Sie stellen auch in ihren Grundrissen flache Bogen dar, um vor einem Ueberweichen mehr gesichert zu sein. Die mittlere Mauer ist überdies mit einem Kern aus Béton von mehr als 6 Fufs Stärke versehn. Ob hierdurch eine gröfsere Sicherheit erreicht ist, mufs dahingestellt bleiben, da die Durchführung eines regelmäfsigen Mauerverbandes ohne Zweifel

theils eine gröfsere Festigkeit und theils auch dieselbe Wasserdichtigkeit, die der Béton gewährt, dargestellt haben würde. Die Höhe der Mittelmauer mifst wieder sehr nahe 100 Fufs.

Zum Ableiten des Wassers aus den Reservoiren hat man früher überwölbte Galerien durch die Mauern, und selbst durch die Erddämme geführt, während man in neurer Zeit hierzu häufig gufseiserne Röhren benutzt. Hierbei kommt indessen die Anordnung der Abflufs-Oeffnungen und die Art ihres Verschlusses wesentlich in Betracht. Wählt man eine einzige Abflufs-Oeffnung, so wird das Wasser, je nachdem das Bassin mehr oder weniger gefüllt ist, mit sehr verschiedener Geschwindigkeit ausströmen. Hierauf kommt es weniger an, doch mufs man dafür sorgen, dafs grofse Wassermassen dem Canal schnell zugeführt werden können, damit die Verluste in den Speisegräben nicht zu bedeutend werden. Der sichere Verschlufs grofser Oeffnungen ist aber unter starkem Druck sehr schwer, und sobald die Druckhöhe auch nur etwa 20 Fufs beträgt, wird man schon Bedenken tragen, gewöhnliche Schütze anzuwenden, nicht nur, weil sie schwer zu handhaben sind, sondern vorzugsweise, weil dabei irgend welche Zufälligkeiten oder Beschädigungen leicht eintreten können, die ein vollständiges Herablassen verhindern, während es in der grofsen Wassertiefe unmöglich wird, Repäraturen vorzunehmen, oder das Hindernifs zu beseitigen.

Aus diesen Gründen hat man ziemlich allgemein bei grofser Höhe des Abschlufsdammes mehrere Abflufs-Oeffnungen in verschiedenen Höhen angebracht, von denen jede einzelne nur bei denjenigen Wasserständen benutzt wird, die zwischen ihr und der nächst oberhalb befindlichen liegen. In dieser Weise ist das Speisebassin von Lampy mit vier Oeffnungen in der Mauer versehn, die abwechselnd auf der rechten und linken Thalseite sich befinden, und von denen eine immer 13 Fufs tiefer liegt, als die nächst folgende. Jede dieser Oeffnungen mündet in einen besondern Canal, der sich vom Ufer aus nach dem Speisegraben hinzieht, während die untre Oeffnung in der Höhe der Thalsohle diesem unmittelbar das Wasser zuführt. Auf der innern, oder der dem Reservoir zugekehrten Seite sind auf den verschiedenen Banketen Treppen von 4 Fufs Breite gebildet, auf denen man zu den Oeffnungen herabsteigen, auch wenn diese noch unter Wasser liegen,

zu den Schützen gelangen kann, um dieselben in Wirksamkeit zu setzen.

In ähnlicher Weise befinden sich in dem Damme vor dem Bassin St. Fériol zwei überwölbte Canäle zum Ablassen der obern Wasserschichten. Der eine liegt 6 Fuſs und der andre 23 Fuſs unter dem Spiegel des gefüllten Bassins. Sie münden wieder in zwei Gräben, die längs beiden Thalufern herabgeführt sind. Ein dritter ähnlicher Graben nimmt dasjenige Wasser auf, welches dem Bassin noch zufliefst, während es schon gefüllt ist. Zu diesem Zweck ist ein Ueberfall in geringer Tiefe unter der Krone des Dammes angebracht. Die beiden ersten Canäle werden durch Schütze geschlossen, die man vom Damme aus ziehn und herablassen kann. Die unter der zweiten Oeffnung noch befindliche Wassermenge, deren Tiefe 78 Fuſs beträgt, wird nicht mehr durch Ziehn von Schützen abgelassen, sondern durch Röhren, in welchen Krahne angebracht sind.

In der bereits erwähnten Mauer des Bassins Grosbois befindet sich auſser der Oeffnung in der Mitte des Thals, die nur zum Ablassen des letzten Wassers dient, falls man das Bassin reinigen will, nur ein einziger überwölbter Canal, durch welchen alles zur Speisung des Schiffahrts-Canals dienende Wasser hindurch strömt, wie hoch oder niedrig auch der Wasserstand im Bassin sein mag. Diese Oeffnung ist aber nicht mit der Vorrichtung zum eigentlichen Abschluſs versehn, auch steht sie nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Bassin. Sie führt vielmehr nur zu einem Thurm oder Brunnen von kreisförmigem Querschnitt, der sich auf der Wasserseite an die Mauer anschlieſst, und eben so hoch als diese ist. In der cylindrischen Mauerfläche des Thurms sind in gleichen Abständen vier Oeffnungen angebracht, die auswärts durch Schütze geschlossen, radial in den Thurm führen. Auf Treppen die in den äuſsern Banketen des Thurms angebracht sind, gelangt man zu den Stellen, von wo aus die Schütze bewegt werden können. Das Wasser, welches durch die verschiedenen Oeffnungen abflieſst, wird sonach in dem gemeinschaftlichen Brunnen aufgefangen, und flieſst durch den erwähnten Canal in den Speisegraben. Man erreicht hierdurch den Vortheil, daſs man nur einen einzigen Graben anlegen durfte, doch soll der heftige Wassersturz auf die Sohle des Brunnens das Mauerwerk sehr angegriffen haben.

Die Schütze, welche zum Verschluſs der Oeffnungen dienen, werden zuweilen durch Hebel, gemeinhin aber durch Schrauben in ähnlicher Weise, wie die Schütze in den Schleusenthoren und Umläufen gehoben, und zwar hat man vielfach die Anordnung in der Art getroffen, daſs die am Schütz befestigte Eisenstange im obern Ende selbst die Schraubenspindel bildet, und die metallne Mutter auf einem festen Lager ruht und mittelst eines Hebels gedreht wird, der wie ein Schraubenschlüssel in sie eingreift.

Noch wäre hier zu erwähnen, daſs die überwölbten Canäle, wenn sie in der Erdschüttung liegen, leicht an ihrer äuſsern Fläche die Bildung von Wasseradern begünstigten, weil die Erde sich nicht vollständig an die Mauern anschlieſst, und wenn dieses ursprünglich auch der Fall gewesen sein sollte, doch leicht eine Lösung hier eintreten kann. Man pflegt, um solche Trennung zu verhindern, den Canal mit einem festen Thonschlage zu umgeben, auſserdem aber, wie auch wohl immer geschehn ist, einzelne vortretende Pfeiler an den Seiten aufzuführen, und diese mit Gurtbogen, die das Gewölbe umspannen, unter sich zu verbinden. Dadurch erreicht man den Vortheil, daſs die Erde oder der Thon sich besser anschlieſst, und wenn dennoch neben der Mauer eine Trennung erfolgen sollte, die Adern wenigstens nicht in gerader Richtung sich hindurchziehn, vielmehr unterbrochen werden.

An beiden Stirnflächen der Canäle befinden sich stets senkrechte Mauern, die theils als Flügel dienen, wogegen die Erdböschungen sich lehnen, theils aber auf der Wasserseite häufig mit Falzen versehn sind, in welchen Schütze sich bewegen. Für die gehörige Fundirung dieser Canäle kann immer gesorgt werden, indem sie entweder in der Thalsohle, oder am Rande der Erdschüttung liegen, so daſs sie nie von der letztern, vielmehr immer vom gewachsenen Boden getragen werden.

Was die Ableitung des Wassers durch Röhren betrifft, so mag zunächst die Vorrichtung beschrieben werden, wodurch man das Bassin St. Fériol entleert, nachdem der Wasserspiegel darin bis zur zweiten Schützöffnung gesunken ist. Die Röhren befinden sich nur in der Mittelmauer, wie Fig. 370 zeigt, und das Wasser tritt an dieselben durch einen überwölbten Canal *C*, sowie es auch durch einen solchen *D* nach dem Thale abflieſst. In der Mauer liegen drei gufseiserne Röhren bei *A* neben einander in

gleicher Höhe, und zwar 6 Fuſs über dem kleinen Canal, den die Figur im Fuſs der Mauer zeigt. Letzterer dient nur zum Ablassen des Rückstandes aus dem Bassin. und zugleich zum Abführen des Schlammes, der sich auf dem Boden niedergeschlagen hat. Hinter den bereits erwähnten Treppenthümren *B* hat das Wasser freien Zutritt zu dem Canal *C*, doch flieſst es nicht in der Höhe der Sohle des Bassins in denselben hinein, sondern etwa 6 Fuſs darüber. Dieses geschieht, um die Ablagerung der Schlammes nicht in Bewegung zu setzen, so lange der Schiffahrts-Canal noch gespeist wird. Der Canal *D* unter der äuſsern Böschung, der das Wasser von den Röhren nach dem Speisegraben führt, ist, wie der Grundriſs Fig. 370*b* zeigt, nicht in gerader Richtung gezogen, folgt vielmehr dem frühern natürlichen Lauf des Baches in einer starken Krümmung. Ueber diesem Canal befindet sich ein überwölbter Gang *E*, durch welchen man nach einer Treppe gelangt, die neben den Ausfluſs-Oeffnungen der Röhren endigt.

Die Röhren sind 9 Zoll weit, doch bilden ihre Querschnitte nicht Kreise, sondern Ellipsen, deren lange Achsen aufrecht gekehrt sind. Woltman sagt, man habe diese Form gewählt, um eine mehr gesicherte Verbindung mit der Mauer darzustellen. Jede Röhre ist vor der Ausfluſs-Oeffnung mit einem Hahn versehn, der, von unten durchbohrt, dem hindurchströmenden Wasser die lothrechte Richtung giebt, damit es unmittelbar in den darunter befindlichen Abzugs-Canal stürzt. Am obern Zapfen jedes Hahns befindet sich ein gezahntes Rad von 2 Fuſs Durchmesser, und dieses wird mittelst zweifacher Vorgelege und einer Kurbel bewegt. Die Bewegung soll selbst unter starkem Druck sehr leicht erfolgen. Die Hähne muſsten aber noch gegen das Ausheben gesichert werden, und zu diesem Zweck werden sie durch starke Schrauben, die von oben auf ihre Achsen pressen niedergedrückt. Die Ausströmung des Wassers soll, wenn das Bassin noch in bedeutender Höhe gefüllt ist, mit übermäſsiger Heftigkeit erfolgen, so daſs das Mauerwerk erzittert und ein starker Luftstrom entsteht, indem der Strahl die umgebende Luft gewaltsam mit sich reiſst.

Mittelst der Hähne kann das Bassin beinahe ganz entleert werden. Will man aber den letzten Rückstand ablassen, so fährt man mit einem Kahn nach dem Thurme *B*, und geht von diesem durch den überwölbten Gang *G*, das Höllengewölbe genannt, bis

zu der Mittelmauer. Man steigt von derselben die Treppe herab, und zieht das Schütz *H*, welches bisher den kleinen Canal unter den Röhren sperrte. Wenn man alsdann noch das äufsere Schütz bei *F* öffnet, so stürzt das Wasser in diesen Canal und führt zugleich die Schlammassen mit sich, die im Bassin niedergeschlagen waren. Dieses Wasser wird nicht in den Speisegraben, sondern nachdem derselbe abgeschlossen ist, in das natürliche Bette des Baches geleitet. Das Bassin wird dadurch vollständig entleert und man kann alsdann die erforderlichen Räumungen und Instandsetzungen vornehmen. Man hat dieses Bassin mit dem von Lampy verbunden, so dafs Beide durch denselben Bach gefüllt werden, je nachdem man ihn in das eine oder das andre leitet.

In den ältern Englischen Canälen kommen Anordnungen vor, die in Bezug auf die Röhrenleitung der eben beschriebenen sehr ähnlich sind. Fig. 368 zeigt eine solche, die zum Ablassen des Wassers aus dem Speisebassin in den Birmingham-Warwick-Canal dient. Der Damm besteht aus einer Erdschüttung, die durch eine Thonwand (*Puddle*) in der Mitte gedichtet ist. Unter beiden Dossirungen befinden sich überwölbte Canäle, von denen der äufsere 2 Fufs über der Sohle mit einer hölzernen Laufbrücke versehn ist, auf welcher man zu dem Hahn am Ende der Röhre gelangt. Die lichte Höhe des Gewölbes über dieser Brücke mifst 4 Fufs, so dafs man ohne grofse Unbequemlichkeit hineingehn kann. Die Röhre besteht aus Gufseisen und ist mit einer abwärts gekehrten Ausmündung versehn, welche durch einen gewöhnlichen Hahn geschlossen und geöffnet wird. Ihre Länge beträgt 21 Fufs.

Aufser dieser verschliefsbaren Ausflufs-Mündung ist noch ein andrer überwölbter Canal durch den Damm gezogen, und mit einem Brunnen von denselben Dimensionen und derselben Einrichtung, wie Fig. 369 zeigt, in Verbindung gesetzt. Dieser Brunnen steht nicht auf der Sohle des Thals, sondern seitwärts auf dem Fufs der Thalwand. Seine Sohle, die durch ein 3 Fufs starkes Fundament gesichert ist, liegt 5 Fufs höher, als die Sohle des überwölbten Canals, der zu der Röhrenleitung führt. In geringer Höhe über derselben mündet seitwärts ein cylindrischer Canal von $2\frac{1}{2}$ Fufs lichter Weite, der durch den Damm geführt ist, und am Fufs desselben in einem Graben endet, der das hier austretende Wasser nach dem natürlichen Bette des Baches leitet.

Der Brunnen, 9 Fufs weit und in den Seitenmauern 1½ Fufs stark, erreicht nicht die Kronenhöhe des Dammes, sondern bleibt 2 Fufs darunter. Er ist oben mit einer ringförmigen Schicht fester Werksteine überdeckt, die durch einen Fugenschnitt, ähnlich dem in Fig. 14 auf Taf. II dargestellten, in einander greifen. Darüber befindet sich ein eisernes Gitter, um gröfsere Körper, die den Abzugs-Canal sperren könnten, von demselben abzuhalten. Der Zweck dieser Anlage ist nur, das Eintreten eines zu hohen Wasserstandes im Bassin zu verhindern. Sobald nämlich der Wasserstand hier seine normale Höhe erreicht hat, so befindet er sich im Niveau des obern Randes des Brunnens, und wenn noch mehr Wasser hinzufliefst, so stürzt dieses hinein. Er versieht also die Stelle der sonst üblichen Ueberfälle in der Krone der Dämme und Abschlufsmauern.

In neurer Zeit hat man statt der Hähne, die bei grofser Weite der Röhren theils schwer zu bewegen sind, theils auch nicht dicht zu schliefsen pflegen, in gleicher Art, wie bei gewöhnlichen Wasserleitungen Schiebeventile (Theil I § 22) eingeführt. Unter Andern ist dieses auch geschehn bei dem von Telford erbauten Speisebassin für den Birmingham-Warwick-Canal. Den Querschnitt des daselbst befindlichen Abschlufsdammes nebst der Röhrenleitung zeigt Fig. 372. Der Damm in der Mitte, mit einer starken Thonwand versehn, wird durch keine überwölbten Canäle und Galerien unterbrochen, vielmehr erstreckt sich nur eine gewöhnliche gufseiserne Röhrenleitung von dem Fufs der einen Dossirung bis zu dem der andern. An der Ausmündung der Röhrenleitung, deren lichte Weite 1½ Fufs mifst, befindet sich das Schiebeventil. Um dasselbe indessen zu unterstützen, oder es in Stand setzen zu können, wenn es schadhaft geworden sein sollte, befindet sich auf der andern Seite, nämlich in der Einmündung, also im Bassin, noch ein zweiter Verschlufs. Dieser ist Fig. 373 *a* und *b* in gröfserm Maafsstabe, und zwar in der Seitenansicht und zum Theil noch in der Ansicht von oben besonders dargestellt. Die Röhre ist nämlich aufwärts gekrümmt, und in der Stirnfläche sorgfältig abgeschliffen, so dafs eine gufseiserne Scheibe sie genau verschliefst. Diese Scheibe dreht sich um eine horizontale Achse, die von der Röhre getragen wird, und ist mit zwei starken Armen versehn, die rückwärts von der Achse ausgehn, und woran die Ketten befestigt sind, die zum

Oeffnen und Schliefsen dienen. Zu diesem Zweck sind sowohl über, als unter der Röhre je zwei Rollen angebracht, über welche die vier Ketten gezogen sind. Die beiden zusammengehörigen Ketten verbinden sich in geringem Abstande mittelst eines hebelförmigen Zwischengliedes in je eine, und diese beiden sind längs der Dossirung in gufseisernen Röhren auf die Krone des Dammes gezogen. Hier sind sie in entgegengesetzter Richtung an eine Walze befestigt, die durch eine Kurbel und doppeltes Vorgelege in Bewegung gesetzt wird. Je nachdem man also die Kurbel in der einen oder der andern Richtung dreht, wird die Klappe geöffnet oder geschlossen. Mit der kräftigen Winde ist es möglich, die Klappe selbst bei hohem Wasserdruck zu öffnen, wenn das Schiebeventil am andern Ende der Röhre auch nicht scharf schliefsen sollte. Wenn der Abflufs erfolgen soll, so wird zuerst die Klappe gehoben, wenn man ihn unterbrechen will, zuerst das Schiebeventil niedergelassen, bevor die Umstellung beziehungsweise von diesem und jener erfolgt.

Endlich sind noch die heberförmigen Röhrenleitungen zu erwähnen. Eine solche ist an dem Bann-Reservoir angebracht.*) Fig. 374 auf Taf. LIV zeigt dieselbe. Sie liegt nicht unter dem Damm, sondern auf diesem, ist also mit Ausschlufs des in das Bassin herabreichenden Schenkels überall zugänglich. Dieser Schenkel besteht aber nur aus der einfachen Röhrenleitung und ist mit keinen Maschinentheilen oder Vorrichtungen zum Schliefsen versehn, woher auch keine Beschädigungen daran vorkommen können. Vor der Einmündung der Röhre befindet sich nur ein starkes eisernes Gitter, um das Eintreiben von gröfsern Körpern zu verhindern. Die Leitung ist in gewöhnlicher Weise aus einzelnen Röhrenstücken zusammengesetzt, und kann an ihrer Ausmündung durch ein Schiebeventil geschlossen werden. Aufserdem ist im Scheitel noch eine aufwärts gekehrte kleine Ansatzröhre angebracht, die theils dazu dient, den Heber in Thätigkeit zu setzen, theils auch, sobald es nöthig wird, durch Zulassen von Luft seine Thätigkeit zu unterbrechen.

Will man den Heber wirken lassen, während der Wasserstand

*) *Description of the Bann Reservoirs by Mallet, in Weale's Quaterly Papers, on Engineering.* Vol. VI, Part. I.

im Bassin niedriger ist, als in der Figur angegeben, und das Wasser den Heber noch nicht gefüllt hat, so öffnet man die Ansatzröhre und stellt eine Pumpe darauf. Wenn diese bewegt wird, nachdem das Schiebeventil geschlossen ist, so zieht sie die Luft aus der Leitung aus, und indem das Wasser unter dem Druck der Atmosphäre in den luftverdünnten Raum eindringt, so fliefst es durch den obern Theil in den abwärts gekehrten Schenkel bis zum Schiebeventil und füllt diesen, sowie auch zuletzt die Scheitelstrecke der Röhre vollständig an. Dafs dieses geschehn, giebt sich dadurch zu erkennen, dafs aus der Pumpe nicht mehr Luft, sondern Wasser ausfliefst. Alsdann schliefst man die Ansatzröhre mit einem Hahn, und sobald man nun das Schiebeventil öffnet, so tritt der Heber in Wirksamkeit. Wenn keine Luft hineintritt, auch die Leitung vollständig gedichtet ist, so kann man allein durch das Schiebeventil die Strömung beliebig unterbrechen und später wieder eintreten lassen. Besorgt man dagegen, dafs das Bassin sich zu hoch anfüllen möchte, so setzt man den Heber durch Oeffnen der Ansatzröhre aufser Thätigkeit und öffnet zugleich das Ventil. Sobald nun das Wasser bis gegen die Krone des Dammes ansteigt, also etwa den in der Figur gezeichneten Stand annimmt, so füllt es von selbst die Röhrenleitung und fliefst durch dieselbe ab. Ein zu starkes Entleeren des Bassins ist aber alsdann nicht zu besorgen, weil die Leitung, so lange die Ansatzröhre geöffnet bleibt, nicht als Heber wirken kann, und die hinzutretende Luft die Strömung unterbricht, sobald der Scheitel der Leitung über Wasser tritt.

In dem bereits beschriebenen Erddamm vor dem Reservoir von Mittersheim hat man gleichfalls einen Heber angebracht, um die Ueberfüllung des Sammelbassins zu verhindern und um bei sehr heftiger Zuströmung zugleich einen stärkern Abfluſs, als über ein Wehr zu veranlassen. Die Ableitung durch die Rigole nach dem Saar-Canal erfolgt in gewöhnlicher Weise durch Canäle im Damm, welche durch Schütze geschlossen werden. Dagegen befindet sich in der Mitte des Dammes eine Art von massivem Thurm, der noch über die Krone hinaufreicht, und in diesem liegen die erwähnten Heber.

Zwei derselben, jeder aus 27 Zoll weiten Röhren gebildet, liegen neben einander ohne in gegenseitiger Verbindung zu stehn.

Die Einfluſs-Mündungen befinden sich etwa 10 Fuſs unter dem zuläſsigen höchsten Wasserstande des Reservoirs und die Ausfluſs-Mündungen nahe über der Thalsohle. Ihre Scheitel liegen in solcher Höhe, daſs das Wasser im Bassin durch den Heber zu flieſsen beginnt, wenn es die normale Höhe erreicht. Mit den Scheiteln stehn noch verschlieſsbare enge Röhren in Verbindung, mittelst deren man die Heber auſser Thätigkeit setzen, oder bei hohem Wasserstande auch zur vollen Wirksamkeit bringen kann.*)

Es ist bisher nur von solchen Speisebassins die Rede gewesen, die durch den Abschluſs tiefer Thäler gebildet werden. Man kann indessen, wie auch in der That geschieht, flache Sumpfgegenden, oder kleinere Landseen als Bassins benutzen. Die erforderlichen Einrichtungen sind aber in diesem Fall, da ein starker Wasserdruck dabei nicht vorkommt, so einfach, daſs sie keiner weitern Beschreibung bedürfen, vielmehr die früher beschriebenen Stauwerke und Archen nebst gewöhnlichen Schützen, hierzu genügen.

§. 86.

Erdarbeiten.

Wenn der Zug des Canals, sowie auch das Querprofil desselben mit Einschluſs der beiderseitigen Leinpfade bestimmt ist, und überdieſs das Längenprofil und die nöthigen Querprofile auf dem Terrain gemessen wird, so folgt hieraus unmittelbar, wie hoch jede einzelne Stelle der Oberfläche durch Aufschüttung erhöht, oder durch Abgrabung gesenkt werden muſs. Die Ausdehnung der Erdarbeiten ergiebt sich also schon vollständig aus den frühern Ermittelungen. Hier soll zunächst von den Ausführungen in ziemlich ebenem Terrain die Rede sein, während später der schwierigere Fall behandelt wird, wobei tiefe Ausgrabungen oder hohe Anschüttungen vorkommen.

Wenn das Längenprofil des Canals sich ziemlich nahe dem Terrain anschlieſst, so pflegen bei den Erdarbeiten keine besondern Schwierigkeiten einzutreten. Die gehörige Anordnung der Arbeiten

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1869 I. pag. 228.

erfordert jedoch selbst in diesem Fall, dafs man schon bei Aufstellung des Anschlags die nöthigen Erdtransporte in der Art vertheilt, dafs die Ausgrabungen zweckmäfsige Verwendung finden, und die Transportweiten möglichst klein bleiben, auch so weites geschehn kann die Auf- und Abträge sich ausgleichen. Die Transportkosten sind den Produkten aus den bewegten Massen in die Längen der Wege proportional, wobei freilich noch die stärkern Steigungen in den letzten berücksichtigt werden müssen, daher fällt die Aufgabe, um deren Lösung es sich hier handelt, in das Gebiet der Statik, und betrifft die Auffindung der Schwerpunkte. Der Französische Ingenieur Léon Lalanne legte der Pariser Academie im Jahr 1839 eine Wage vor, die, nach dem Princip einer Römischen Wage construirt, dazu diente, den Schwerpunkt grofser Erdmassen, oder den Punkt zu finden, in welchem man deren ganzes Gewicht vereinigt denken konnte. Man hing nämlich an den einen Arm in verhältnifsmäfsigen Abständen von dem Drehpunkt Gewichte an, welche dem Flächeninhalt der einzelnen Profile entsprachen, und verschob auf dem andern Arm ein Gewicht, welches der Summe dieser Gewichte gleich war, so lange, bis das Gleichgewicht dargestellt war. Der Abstand dieses letzten Gewichts von der Drehungsachse gab alsdann die Lage des Schwerpunkts, oder desjenigen Punktes an, in welchem man die ganze Masse als vereinigt annehmen durfte. Es liege z. B. der Canal eine gewisse Strecke hindurch im Abtrage, das heifst in jedem einzelnen Querprofil sei der Abtrag gröfser, als der Auftrag, so dafs hier die ausgegrabene Erde nicht vollständig verwendet wird, daher in eine andre möglichst nahe liegende Strecke verfahren werden mufs, wo das Gegentheil stattfindet. Die Grenze, wo die Profile aus dem Abtrage in den Auftrag übergehn, nehme man als Anfangspunkt für die Entfernungen an, doch ist diese Annahme willkürlich, und man kann, ohne die Richtigkeit des Resultats zu beeinträchtigen, dafür auch jeden andern beliebigen Punkt wählen. Wenn man nun an den einen Arm in verhältnifsmäfsigen Abständen die entsprechenden Gewichte hängt, so findet man leicht durch Verschieben des Gegengewichts den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, oder den Abstand der mittlern Entfernung des fortzuschaffenden Abtrags von der Drehungsachse. Es mufs dahin gestellt bleiben, ob dieses Verfahren vor der Berech-

nung des Schwerpunkts (wenn dieselbe innerhalb der gleichen Grenze der Genauigkeit gehalten wird) im Allgemeinen vorzuziehn ist, und leichter zum Resultat führt.

Hierbei wird vorausgesetzt, dafs man die Flächeninhalte der einzelnen Profile bereits kennt. Früher ermittelte man dieselben durch Zerlegung in Dreiecke gegenwärtig wird wohl allgemein das Amslersche Planimeter angewendet, doch läfst sich die Arbeit noch erleichtern, wenn man für verschiedene Quergefälle die Inhalte berechnet und in einer Tabelle zusammenstellt. Auf grofse Genauigkeit kommt es bei dieser ganzen Operation indessen wenig an, da die Ausführung doch immer, schon mit Rücksicht auf die verschiedene Beschaffenheit des Bodens, manche Abweichungen zu zeigen pflegt. Die erwähnte Tabelle mufs aber zwei Eingänge haben, nämlich einmal die Höhe der Canalsohle über oder unter der Terrainhöhe in der Achse des Canals, und sodann die Neigung des Terrains in der Richtung des Querprofils. Nachdem das Querprofil des Canals bestimmt war, man also nicht nur seine Sohlenbreite, sondern auch seine Böschungen, die etwaigen Bankete, die Höhe und Breite der Leinpfade, die Neigung der anschliefsenden Dossirungen, auch die Profile der Seitengräben bei Berechnung der Tabelle schon berücksichtigt hat, so kann man bei gleichmäfsigem Quergefälle, wenn man dieses, wie auch die Terrainhöhe kennt, die Auf- und Abträge in den einzelnen Profilen, und den Ueberschufs des Auftrags über den Abtrag oder umgekehrt, unmittelbar aus der Tabelle entnehmen.

Die Erdarbeiten werden so angeordnet, dafs für gewisse Strecken eine Ausgleichung des Auf- und Abtrags eintritt. Wenn dieses aber nicht vollständig zu erreichen sein sollte, und man entweder den Ueberschufs des Abtrags zur Seite ablagern, oder den fehlenden Auftrag von der Seite entnehmen müfste, so bemüht man sich doch, jene Ausgleichung, soweit dieses ohne zu ausgedehnte Transporte geschehn kann, eintreten zu lassen. Dafs aber bei Canälen solche Ausgleichung in den einzelnen Profilen sich verbietet ist schon oben (§ 82) erwähnt worden.

Ueber das Abgraben ist wenig zu erinnern. Es geschieht auf die einfachste Weise, durch Handarbeit mit dem Spaten, wenn nicht etwa bei tief liegenden Canälen die Beseitigung des Grundwassers grofse Schwierigkeiten macht, und man es daher vorzieht,

die Vertiefung durch Ausbaggern zu bewirken. Dieses ist in manchen Fällen schon wegen der leichtern Wassertransporte wohlfeiler, und man erreicht dabei noch den wesentlichen Vortheil, dafs die Dossirungen in weichem und sehr nassem Boden sich besser halten, als wenn man den Canal durch Fangedämme in kleinere Theile abschliefst, und diese durch Schöpfmaschinen trocken legt. Ferner wäre hierbei noch zu erwähnen, dafs bei trocknem Thonboden, und in gleicher Weise auch bei Kies, der mit Thon durchzogen ist, das Aufbrechen desselben grofse Schwierigkeiten macht, so dafs man nicht unmittelbar mit dem Spaten die Erde abstechen kann, sie vielmehr vorher mit der Hacke loshauen mufs. In diesen Fällen hat man zuweilen eine wesentliche Erleichterung der Arbeit darin gefunden, dafs man den Boden vorher aufpflügen läfst.

Ueber den Transport der Erde ist bei der vorausgesetzten Ebenheit des Terrains nichts Besondres zu erwähnen. Ungewöhnliche Mittel, von denen man schon hier zuweilen Gebrauch macht, gewinnen bei ausgedehnteren Erdarbeiten in hohem Grade an Bedeutung, und sie sind daher passender bei Gelegenheit der tiefen Einschnitte und hohen Schüttungen zu beschreiben.

Was endlich die Aufbringung der Auftragerde betrifft, so ist dabei vorzugsweise auf die Vermeidung der Filtration Rücksicht zu nehmen, und es gelten deshalb hier dieselben Regeln, die schon bei Gelegenheit der Abschlufsdämme an Speisebassins aufgestellt wurden (§ 85).

Bevor die Aufschüttung beginnt, mufs der Rasen vom Boden abgestochen werden, weil derselbe eine innige Verbindung verhindern und zu einem starken Durchquellen Veranlassung geben würde. Der Rasen wird aber, sofern er hinreichend fest und kräftig ist, zur Seite in Haufen aufgestellt, damit er nach der Ausführung der Erdarbeiten zur Bekleidung benutzt werden kann. Indem man ihn aber nicht an derselben Stelle wieder zu verwenden braucht, wo er abgestochen ist, er vielmehr an andern Canaltheilen, die bereits in der Erdarbeit vollendet sind, sogleich benutzt werden kann, so läfst sich das zu starke Eintrocknen desselben grofsentheils vermeiden.

Man pflegt sich indessen in vielen Fällen mit dem blofsen Abstechen des Rasens nicht zu begnügen, weil hierdurch eine ziemlich

glatte Oberfläche dargestellt wird, die wieder mit der darauf geschütteten Erde sich nicht innig verbindet. Es wird deshalb die entblöfste Oberfläche noch mit der Hacke aufgehauen und rauh gemacht, oder man pflügt sie auch wohl auf. Bevor diese Arbeiten vorgenommen werden, müssen indessen schon die Grenzen der aufzubringenden Anschüttungen bezeichnet und überhaupt die Profile abgesteckt sein. Dieses geschieht, indem man in gewissen Abständen, also etwa von 5 zu 5 Ruthen Chablonen aus Latten aufstellt, welche die Profile der aufzubringenden Anschüttungen bezeichnen. Es ist aber, besonders bei höhern Anschüttungen, nicht nothwendig, diese Chablonen sogleich mit grofser Sorgfalt und Genauigkeit einzurichten, weil sie bei dem Erdtransport und beim Befestigen der Erdschichten doch keineswegs unverrückt erhalten werden können, und das genaue Einstellen derselben später vorgenommen werden mufs, wenn die Erdarbeiten sich ihrer Vollendung nähern. Man pflegt auch anfangs sich mit senkrecht eingestofsenen Stangen zu begnügen, und braucht diese noch nicht mit den schrägen Verbindungs-Latten zu versehn, welche die Dossirungen darstellen, weil solche den Erdtransport zu sehr erschweren würden.

Bei Bezeichnung der Höhen mufs indessen schon auf das Sacken der Anschüttungen Rücksicht genommen werden, und es ist deshalb nothwendig, jede bezeichnete Höhe in einem gewissen Verhältnifs zu vergröfsern. Wie grofs dieses angenommen werden soll, ist nach den bisherigen Beobachtungen schwer anzugeben, jedenfalls darf man aber voraussetzen, dafs das Sacken oder Schwinden der angeschütteten Erde in Canaldämmen, die stets der Befeuchtung ausgesetzt bleiben, geringer ist, als in Deichen. Aufserdem kommt es hierbei noch auf die Art der Befestigung an. Je sorgfältiger diese ausgeführt wird, um so geringer wird das spätere Sacken sein. Vielleicht entfernt man sich nicht weit von der Wahrheit, wenn man unter Voraussetzung eines sorgfältigen Abrammens der Erde, und zwar in dünnen Schichten, annimmt, dafs das Sacken den vierundzwanzigsten bis zwölften Theil der Höhe der Aufschüttung beträgt. Das erste Verhältnifs würde bei sehr sandigem und das letzte bei sehr thonigem Boden Anwendung finden.

Dafs die aufzubringende Erde rein sein mufs, ist bereits

früher erwähnt. Es dürfen keine Rasen, kein Torf, keine Wurzeln, Aeste, Sträucher u. dgl. sich darin befinden, und wenn Kies und Steingerölle auch nicht unbedingt als unbrauchbar zur Anschüttung anzusehn sind, so dürfen solche doch nur mit grofser Vorsicht verwendet werden, damit sie nicht etwa, wenn sie in durchgehenden Schichten verbraucht wären, zu einem starken Durchquellen Veranlassung geben. In gleicher Weise mufs man auch mit Vorsicht den sandigen und den thonigen Boden verwenden, wenn beide gleichzeitig im Abtrage vorkommen. Es ist daher im Allgemeinen sehr zweckmäfsig, ein gewisses Sortiren der verschiedenen Bodenarten eintreten zu lassen. Es darf kaum erwähnt werden, dafs es ganz überflüssig ist, dieses mit der gröfsten Genauigkeit vorzunehmen, und dadurch die ganze Arbeit zu erschweren und zu vertheuern, aber wenn die Aufseher gehörig angewiesen sind, so ist es leicht, die Züge der Handkarren oder die einzelenen Erdwagen auf diejenigen Stellen fahren zu lassen, wo das Material, welches sie enthalten, die passendste Verwendung findet. Man wird unbedingt dafür sorgen müssen, dafs durch die ganze Länge jeder Dammschüttung ein gewisser zusammenhängender Kern von bessrer Erde sich hindurchzieht, der die Bildung von durchgehenden Wasseradern verhindert. Man kann diesen Kern in der Mitte der Dammschüttung anbringen, und eben so vortheilhaft auch auf der innern, oder der dem Wasser zugekehrten Dossirung, weil er daselbst nicht nur den angegebenen Zweck erfüllt, sondern aufserdem auch zur bessern Befestigung der Dossirung dient. Er mufs aber, wo er auch liegen mag, sich unmittelbar an den gewachsenen Untergrund anschliefsen, darf also nicht etwa, wenn die Canalsohle über dem natürlichen Terrain läge, in der Höhe derselben erst beginnen. Eine Verkleidung der äufsern oder der landwärts gekehrten Dossirung mit bessrer Erde ist zur Beförderung des Graswuchses, also zur Befestigung des Dammes gleichfalls sehr nützlich, doch würde es nicht zweckmäfsig sein, an dieser Stelle den wasserdichten Abschlufs darstellen zu wollen, weil das Wasser, wenn es bereits durch den Damm gedrungen ist, die äufsere Decke leicht durchbrechen und durch dieselbe einen Ausweg finden würde. Es empfiehlt sich daher, den Hauptkörper des Dammes, falls man nur ein mäfsiges Quantum guter Erde besitzt, aus dem schlechtern Boden aufzuschütten, und denselben auf der

Wasserseite etwa 4 Fuſs und auf der Landseite 1 Fuſs stark mit bessrer Erde zu verkleiden. Nichts desto weniger lassen sich ohne genauere Kenntniſs der zu verwendenden Erdarten und der Druckhöhen des Wassers keine allgemeine Regeln aufstellen, und sollte die Erde so schlecht sein, daſs sie selbst bei dieser Verwendung der Filtration nicht mit Sicherheit begegnet, so bleibt nur übrig, eine künstliche Dichtung vorzunehmen, von der im Folgenden die Rede sein wird.

Wenn die Schüttung im Rohen vollendet ist, so werden die Chablonen mit groſser Sorgfalt aufs Neue eingerichtet, und die Dossirungen, so wie auch die Kronen der Dämme und Bankete hiernach genau ausgeglichen, und je nachdem es nöthig ist, abgestochen oder aufgefüllt, in beiden Fällen aber durch hölzerne Schlägel oder mittelst Stampfen möglichst befestigt. Die Dossirungen über Wasser erhalten gewöhnlich eine Rasendecke, und diese kann entweder durch Belegen mit den abgestochenen Soden oder Rasen, oder auch durch Besamung gebildet werden. Das Letzte wird allgemein als das Vorzüglichere angesehn, weil die Rasen, wenn sie aufgelegt sind, sich doch nicht innig mit dem Untergrunde verbinden. Man muſs aber, wenn man die Rasen auflegt, dafür sorgen, daſs sie nicht zu stark eingetrocknet sind, weil sie alsdann gar nicht, oder doch nur kümmerlich anwachsen, auſserdem müssen sie fest aufliegen, auch genau an einander schlieſsen. Zu dem letzten Zweck pflegt man sie nicht ganz frisch, sondern etwas eingetrocknet zu verwenden. Sie quellen alsdann bei der Benetzung, und stellen dadurch einen dichtern Schluſs dar. Mit einem hölzernen Schlägel werden sie auf den vorher benetzten Boden angetrieben, und es ist nothwendig, sie sogleich nach dem Aufbringen stark zu begieſsen, und dieses auch so lange täglich fortzusetzen, bis sie angewachsen sind. Man überzeugt sich leicht, daſs dieses Begieſsen unter Umständen überaus kostbar werden kann, und selbst im günstigsten Fall bedeutende Ausgaben veranlaſst, während es in sehr trockner Jahreszeit, und wenn der Canal noch nicht mit Wasser gefüllt ist, dennoch das Vertrocknen des Rasens bei dessen freier Lage zuweilen nicht verhindert. Hiernach ist es Regel, die Rasenbekleidung nur in nasser Witterung aufzubringen, und zuweilen geschieht dieses erst nach der Füllung des Canals. Wenn dagegen der Rasen durch Besamung gebildet wird, so ist

das Begiefsen entbehrlich, und die Arbeit wird in jeder Beziehung erleichtert, aber es tritt der Uebelstand ein, dafs die Dossirungen längere Zeit hindurch kahl bleiben, und die Rasendecke sich erst nach einigen Jahren vollständig ausbildet. Man pflegt alsdann zwar im nächsten Frühjahr mit dem Grassamen zugleich Hafer auszusäen, der einen nothdürftigen Schutz bald gewährt, namentlich wenn man ihn nicht hoch aufschiefsen läfst, sondern ihn häufig abmäht. Auch wenn er abgestorben ist, dienen seine Wurzeln zur Bedeckung des Bodens, so dafs weder Wind noch Regen die Erdtheilchen entfernen und dadurch das Anwachsen des Grases verhindern.

Zuweilen ist der Boden so schlecht, dafs die Bildung des Rasens durch Besamung zunächst unmöglich ist und selbst Hafer und andre Kräuter darauf nicht fortkommen, auch wegen der allgemeinen schlechten Beschaffenheit des Bodens aus den Umgebungen kein brauchbarer Rasen beigeschafft werden kann. Dieser Fall trat bei der Ausführung des Ems-Canals in der Nähe von Lingen ein. Der Boden bestand in weiter Entfernung nur aus Sand und Moorerde, er überzog sich nirgend mit festem Rasen, und wenn er ohne Befestigung gelassen wurde, war er ein Spiel des Windes, und die angefangenen Ausgrabungen waren der Gefahr ausgesetzt, beim nächsten Sturm vollständig wieder verschüttet zu werden. Unter diesen Umständen wurden Rasen gestochen, die nicht mit Gras, sondern mit Heidekraut durchwachsen waren, und da auch diese nicht so reichlich vorkamen, dafs man die entblöfsten Flächen in der Nähe des Canals und die Canaldämme damit vollständig hätte belegen können, so begnügte man sich, sie streifenweise in 3 bis 4 Fufs Abstand von einander, und zwar in zwei Richtungen zu verlegen, so dafs sich quadratische Räume bildeten, die zwar unbedeckt blieben, in denen jedoch das Abtreiben des Sandes durch die Umschliefsungen verhindert wurde. Man bemerkte indessen bald, dafs die Rasen in sehr kurzer Zeit durch den Wind zerstört wurden und nach und nach fortflogen, wenn man sie in der Richtung, wie sie gewachsen waren, verlegte. Die Pflänzchen wurden nämlich vom Winde hin und her bewegt, lösten sich dadurch bald von dem sie umgebenden Sande, und wurden fortgetrieben. Man versuchte daher, die Rasen umgekehrt auf den Boden zu legen, nämlich die Wurzeln mit der umgebenden Erddecke

nach oben. Dieses zeigte sich als vortheilhafter, indem die vielfach verzweigten Wurzeln den Sand zwischen sich festhielten, und nirgend ein Gegenstand vorragte, der vom Winde besonders angegriffen werden konnte. Diese Art der Bedeckung versprach indessen offenbar keine Dauer, und noch weniger war zu erwarten, dafs die Rasen auswachsen und nach und nach den Boden überziehn würden. Sie dienten nur zum vorläufigen Schutz, damit irgend eine andre Vegetation sich dazwischen ausbilden konnte. Eine solche beförderte man dadurch, dafs man eine sonst ganz nutzlose Pflanze, die hier häufig vorkommt, nämlich Spergel oder Spark (*Spergula pentandra*) zwischen die Haiderasen säete. Sie gedieh sehr gut, und obwohl sie selbst, bei ihrer geringen Höhe und dürren Beschaffenheit noch wenig zur gehörigen Sicherung des Bodens beitragen konnte, so überdeckte sie denselben doch so weit, dafs in ihrem Schutz eine kräftigere Vegetation sich endlich ausbildete. Zur Beförderung der letztern hat ohne Zweifel die Anfüllung des Canals mit Wasser wesentlich beigetragen, aber kaum ist eine gröfsere Veränderung des Bodens denkbar, als hier eingetreten ist, indem die kräftigsten Waldungen und Wiesen den Boden bedecken, der vor fünfzig Jahren nur fliegenden Sand zeigte und spärlich mit Haidekraut überzogen war.

Häufig pflanzt man auch Bäume zur Seite des Canals an, doch wird dieses keineswegs allgemein für zweckmäfsig erachtet, vielmehr besorgt man zuweilen, dafs das Wasser durch die hineinfallenden Blätter verunreinigt, auch die Filtration durch die Wurzeln der Bäume befördert werde, indem sie sich nach dem Wasser hinziehn, und die Gleichmäfsigkeit des Bodens unterbrechen. Der erste Grund ist von keiner Bedeutung, dagegen ist nicht in Abrede zu stellen, dafs die Wasserdichtigkeit allerdings beeinträchtigt wird, sobald vielfache und besonders stärkere Wurzeln den Boden durchziehn. Dieser Umstand würde indessen nur Veranlassung sein, die Bäume nicht auf den hintern Rand der Leinpfade, oder nicht unmittelbar hinter die aufgeschütteten Dämme zu stellen, wogegen die Bepflanzung eines höhern Ufers ohne Nachtheil ist. Dabei tritt sogar noch der Vortheil ein, dafs der Wind etwas gemäfsigt, auch der Canal beschattet wird, also die Verdunstung sich verringert. Neben Englischen Canälen sieht man dergleichen Baumpflanzungen nicht, doch dieses wohl weniger aus dem Grunde, dafs man sie

für schädlich hält, als weil man dort alles Entbehrliche zu vermeiden pflegt. Wohl aber sind daselbst gemeinhin niedrige lebendige Hecken an den äufsern Seiten der beiden Dossirungen angepflanzt. Dieselben dienen zur Bezeichnung der Grenze des zum Canal gehörigen Terrains. In Frankreich dagegen werden die Canäle zu beiden Seiten von Reihen hochstämmiger Pappeln eingeschlossen, die daselbst auch sehr gut gedeihn.

Wenn man nahe unter dem gewöhnlichen Wasserspiegel Bankete anbringt (§. 83), so müssen dieselben mit Sumpfpflanzen bewachsen sein, weil sie sonst dem dahinter liegenden Ufer nicht den nöthigen Schutz gegen den Wellenschlag gewähren, auch selbst durch diesen zu sehr leiden. Die Pflanzen, deren Wurzeln man hier vorzugsweise zu stecken pflegt, sind die gelbe Schwertel (*Iris pseudacorus*), der Rohrkolben (*Typha latifolia*), Kalmus (*Acorus Calamus*), und gewöhnliches Rohr (*Arundo phragmites*), doch gedeiht letzteres nur, wenn das Banket stets mit Wasser bedeckt bleibt.

Ueber die Befestigung der Leinpfade ist Einiges mitzutheilen. Dieselben liegen entweder auf aufgeschütteten Dämmen, welche nach beiden Seiten entwässern, oder am Fufs des höhern Ufers, und im letzten Fall sind sie von demselben durch einen Graben getrennt, so dafs das Bergwasser sie nicht unmittelbar trifft. Für ihre gehörige Entwässerung läfst sich daher gewöhnlich sorgen, doch erheben sie sich zuweilen nur wenig über den Wasserspiegel des Canals, und wenn die Erde, aus der sie aufgeschüttet sind, die Feuchtigkeit stark anzieht, so können sie leicht stellenweise sich in Sümpfe verwandeln. Um den Leinenzug nicht zu sehr zu erschweren, ist es alsdann nothwendig, sie mit einer festen Decke, also mit einer leichten Chaussirung zu versehn. Dieses ist auch der Fall, wenn der Boden sehr sandig ist, derselbe also zur Zeit der Dürre sich auflockert, und alsdann sogar durch den Wind in den Canal getrieben werden könnte. Um das Abtreten des vordern Randes des Leinpfades zu verhindern, schliefst man denselben zuweilen mit einer Reihe gröfserer Steine ein, wie dieses bei Englischen Canälen oft vorkommt.

Eine besondere Befestigung bedarf der Leinpfad in sehr sumpfigem Boden. Die benetzten Dossirungen zur Seite eines Canals pflegen sich nicht nur im Torf, sondern auch in weniger festem Grunde zu halten, so lange der Druck des Wassers beinahe eben

so grofs, als der des stark durchnäfsten und nur wenig höhern Erdreichs ist. Dieses Gleichwewicht wird aber aufgehoben, wenn man zur Befestigung und Trockenlegung des Leinpfades eine höhere Schüttung aufbringt. Letztere kann in diesem Fall nicht von dem Untergrund getragen werden, sie versinkt daher, und drückt die Dossirung in den Canal hinein. Wollte man alsdann die Anschüttung weiter fortsetzen, so würde dieselbe Erscheinung sich wiederholen, also der Zweck doch nicht erreicht, und der Canal aufs Neue verengt werden. Es ist also nothwendig, unter solchen Umständen einen Leinpfad aus irgend einer dünnen und leichten Decke zu bilden, die nicht so stark auf dem Boden lastet, dafs sie darin versinkt, aber doch hinreichend fest ist, um Menschen und einzelne Pferde zu tragen. Wenn Menschen den Leinenzug ausüben, so ist die Lösung der Aufgabe nicht schwierig. Man darf nur eine leichte Faschinenpackung aufbringen, auch genügt schon eine Reihe Bohlen, die auf den Leinpfad verlegt wird. In Holland stellt man solche Wege auch häufig durch Schüttungen von Muscheln dar, worüber man oft einige Zoll hoch Kies und Bauschutt wirft, und wenn man die Wege besonders haltbar und fest machen will, so wird darauf noch eine Schicht Klinker hochkantig in Sand gepflastert. Sobald ein Pferd solchen Weg passirt, so wird der Boden auf mehrere Ruthen weit erschüttert, aber dennoch ist die Festigkeit desselben für diesen Zweck genügend, und der Weg, der freilich ununterbrochener Reparaturen bedarf, erhält sich in befriedigendem Zustande.

Bei dem Ourcq-Canal, in der Nähe von Paris, hatte man unter gleichen Verhältnissen eine andre Befestigungs-Art gewählt, die freilich weit unvollkommner war, aber dennoch grofsentheils den Pferden einen ziemlich festen Uebergang gestattete. Man schüttete nämlich eine Lage Kies auf den Boden, die nur 2 bis 3 Zoll stark war, und bewarf dieselbe mit der Asche aus den vielfach in der Nähe befindlichen Kalköfen, worin grofsentheils Muscheln gebrannt werden. Das Gemenge von gebranntem Kalk und Torfasche bildete einigermaafsen einen hydraulischen Mörtel, welcher sich in der Bodenfeuchtigkeit löschte. Es verband die einzelnen Kiesstückchen zu gröfsern Massen, und namentlich zu flachen Platten, die unter dem Gewicht der Pferde zwar nachgaben, auch wohl zerbrachen, aber doch nicht versanken.

Zuweilen hat man auch versucht, in sehr sumpfigen Wiesen einen etwas erhöhten Leinpfad durch aufgeschütteten Sand und Kies zu bilden, der aber in geringen Entfernungen durch Sandpfeiler unterstützt wird, die bis zum festern Grunde herabreichen. Man rammt geglättete Pfähle ein, die man sogleich wieder herauszieht, während in die so gebildeten Löcher Sand geschüttet wird (Theil I. §. 33). Dieses Verfahren soll zuweilen das Versinken des Leinpfads verhindert haben.

Es ist schon erwähnt, dafs in der Höhe des Wasserstandes die Dossirungen am meisten zu leiden pflegen. Indem diese Beschädigungen vom Wellenschlage herrühren, so wird denselben auch durch flache Böschungen keineswegs vorgebeugt. Die Mittel, wodurch man ihnen begegnet, sind sehr verschieden. Von den Banketen ist bereits die Rede gewesen, auch ist erwähnt worden, dafs dieselben manchen Beschädigungen ausgesetzt sind, und gemeinhin die Anlagekosten eines Canals merklich vergröfsern, weil sie die Breite des anzukaufenden Terrains vermehren. In Holland wird nicht selten, und namentlich da, wo wegen des hohen Grundwerthes sehr seile Böschungen gewählt werden müssen, eine Einfassung von Faschinen nach dem in den Niederlanden üblichen Verfahren beim Packwercksbau (§ 36) gewählt. Man legt nämlich unter dem Wasserspiegel eine Lage Faschinen in den Leinpfad, die sämmtlich quer gegen das Ufer gerichtet sind, und mit den Stammenden in die Fläche der Dossirung reichen. Nahe hinter die Stammenden wird in jede Faschine ein Pfahl geschlagen, und um diese ein Flechtwerk von Reisern 6 Zoll hoch gewunden. 1 Fufs dahinter wird ein gleicher Flechtzaun ausgeführt. Den Raum zwischen beiden packt man sorgfältig mit Ziegelbrocken aus, und bringt, nachdem die Wipfelenden der Faschinen noch mit einer Wurst übernagelt und mit Erde beschüttet sind, eine zweite Faschinenreihe in gleicher Art, wie die erste, auf. Auch diese Reihe wird zwischen den Flechtzäunen mit Steinstücken ausgepackt und mit Erde überschüttet, während die Befestigung des Leinpfades sich an einen etwas höhern Flechtzaun lehnt. In dieser Weise sind an einzelnen Stellen die Ufer des grofsen Nordholländischen Canals befestigt. Es leuchtet indessen ein, dafs dieses Verfahren, wiewohl es den Beschädigungen durch Wellenschlag sehr sicher begegnet, dennoch wenig dauerhaft ist. Das Strauch sowohl in den Faschinen, als in

den Zäunungen, soweit es über Wasser liegt, verrottet bald, und beim Gegenstofsen der Schiffe brechen alsdann grofse Massen ab, und stürzen zugleich mit den entblöfsten Steinen in den Canal, während die Leinpfade an Breite verlieren.

Zweckmäfsiger ist ein andres Verfahren, welches an andern Stellen desselben Canals gewählt wurde, und welches auch sonst in den Niederlanden üblich ist. Etwas unter dem Wasserspiegel wird der besonders feste Flechtzaun, der §. 38 beschrieben und Fig. 149 auf Taf. XVII gezeichnet ist, ausgeführt, Dieses geschieht, wenn es sein kann, schon vor der Füllung des Canals. Gegen den Zaun lehnen sich die untern Rasen, und wenn dieselben ausgespült werden, lassen sie sich leicht durch neue ersetzen.

Häufig, und namentlich in den Englischen Canälen, werden die Dossirungen durch einen regelmäfsigen Steinsatz, also durch eine Art von Pflaster oder ein Perré gesichert. Ohne Zweifel ist dieses Verfahren das solideste, und man erreicht dabei noch den Vortheil, dafs auch der Leinpfad sich sicher dagegen lehnt, und scharf begrenzt wird. Auch bei uns, wie namentlich an der Ruhr, wird diese Methode stellenweise und zwar unterhalb der Schleusen angewendet, weil das durch die Schütze der Unterthore stürzende Wasser die Erdböschungen stark angreift.

Eine solche Steindecke läfst sich indessen auch anbringen, ohne dafs man sie bis zum Fufs der Dossirung, oder bis zur Sohle des Canals herabführt, Es kommt nur darauf an, ihr ein sichres Widerlager zu geben. Die so eben beschriebenen Flechtzäune dürfen zu solchem Zweck nicht als genügend angesehn werden, aber man kann gleich bei Darstellung der Dossirungen etwas stärkere Pfähle hineintreiben, und entweder unmittelbar gegen diese, oder gegen eine davorgestellte Bohle die Steine setzen. Die Pfähle nebst den Bohlen bleiben immer unter Wasser, sind daher keiner baldigen Beschädigung ausgesetzt, und man kann ihre Stellung noch sichern, wenn man die Aufsenfläche des Pflasters mit der Erddossirung unter Wasser bündig legt, oder die Pfähle gegen ein Erdbanket stützt. Welche Rücksichten übrigens bei der Ausführung des Pflasters zu nehmen sind, dafs nämlich dasselbe geschlossen versetzt, und auf eine Unterlage von Kies oder Bauschutt gestellt werden mufs, ist schon bei Gelegenheit der Sicherung der Stromufer (§. 31) erörtert.

Mit den Erdarbeiten eines Canals steht noch die Wiederherstellung derselben in naher Beziehung, und namentlich fragt es sich, ob die von Zeit zu Zeit nöthigen Räumungen und Herstellungen der ursprünglichen Tiefe durch Ausgraben oder durch Baggern bewirkt werden sollen. Oft wählt man das Erstere, weil die Arbeit dadurch wohlfeiler und zugleich regelmäfsiger wird. Dagegen kann man auch durch Baggern die fehlende Tiefe wieder herstellen. In diesem Fall braucht man den Canal nicht trocken zu legen, also die Schiffahrt nicht zu unterbrechen. Wenn die Baggermaschine auch den Verkehr etwas erschwert, also vielleicht die Schiffe zuweilen warten müssen, bis das Baggerschiff aus der Mitte des Canals nach einer Seite gekommen ist, auch neben dem Bagger zwei Schiffe sich nicht vorbeifahren können, und der Schiffszug wegen Ueberführung der Leine etwas verzögert wird, so sind doch solche Verhinderungen nur unbedeutend im Vergleich zur vollständigen Störung des Verkehrs, welche beim Ablassen des Canals eintritt. Demnächst ist der Transport der ausgebaggerten Erde, wenn man diese nicht unmittelbar daneben ablagern kann, auch wohlfeiler, und endlich pflegen die Ufer, besonders wenn sie sumpfig sind, beim plötzlichen Ablassen des Wassers zu leiden und einzustürzen, was man vermeidet, sobald der Canal gefüllt bleibt.

§. 87.

Einschnitte und Dammschüttungen.

Gröfsere Bedeutung haben die Erdarbeiten, wenn das Terrain hoch über oder tief unter dem Wasserspiegel des Canals liegt, und daher tiefe Einschnitte oder hohe Dammschüttungen nothwendig werden. Man pflegt alsdann nicht nur für wohlfeilern Transport der Erde zu sorgen, sondern führt gemeinhin auch die Schüttungen in andrer Weise aus, und zuweilen werden selbst die Ausgrabungen durch besondere Maschinen bewirkt. Ueberdies vermindert sich bei zunehmender Höhe der Dossirungen und zwar eben sowohl bei Abgrabungen, wie bei Aufschüttungen, auch die Sicherheit derselben. Neigungen, die für geringere Höhen ausreichend sind, genügen nicht mehr zur Erhaltung des Gleichgewichts,

sobald die Böschungen sich hoch erheben, vielmehr kommen diese durch den Einfluſs der unterirdischen Wasseradern und Quellen zuweilen in Bewegung, und alle Mittel der Kunst müssen aufgeboten werden, um dem Vortreten der Ufer und dem Verschütten der Einschnitte zu begegnen.

Wenn die Einschnitte, wie häufig der Fall ist, im Felsboden ausgehoben werden, so geschieht dieses zuweilen bei sehr lockern Gebirgsarten durch bloſses Abhauen oder Abschroten. Bei manchem geschichteten und gleichfalls sehr weichen Gestein gelingt es auch, einzelne Lagen mit Brechstangen oder Hebeln zu lösen und abzubrechen. Der gewöhnliche Fall ist indessen, daſs der Felsen so hart und fest ist, daſs diese Mittel sich als erfolglos oder wenigstens bei der beabsichtigten Beschleunigung des Baues als ungenügend erweisen. Man muſs alsdann zum Sprengen mittelst Pulver übergehn. Hierüber ist bereits früher (§. 53) ausführlich die Rede gewesen. Es leuchtet aber ein, daſs die Arbeit, sobald sie nicht unter Wasser vorgenommen wird, sich um Vieles erleichtert, und manche Schwierigkeiten, die oben erwähnt sind, in diesem Fall nicht vorkommen.

Sind dagegen die Einschnitte in aufgeschwemmtem Boden, also in verschiedenen Erdarten, oder auch wohl in Kies und losem Steingerölle auszuführen, so geschieht dieses durch gewöhnliches Abgraben. Man hat freilich versucht, die Handarbeit in diesem Fall, durch Maschinen zu ersetzen, und es ist nicht undenkbar, daſs eine solche Anordnung in denjenigen Fällen vortheilhaft sein möchte, wo der Taglohn sich sehr hoch stellt, und vielleicht die erforderliche Anzahl von Arbeitern nicht zu beschaffen ist. Dagegen sind die Schwierigkeiten in der Aufstellung und dem Betriebe solcher Maschinen, die man Excavatoren nennt, sehr bedeutend. Es mag daher genügen, die Idee, welche verschiedentlich verfolgt ist, hier im Allgemeinen anzudeuten. Man führt eine Eisenbahn gegen die Anhöhe, worin der Einschnitt dargestellt werden soll, und zwar in der Art, daſs die Bahn in der beabsichtigten Sohle liegt. Auf einem groſsen Wagen, der auf dieser Eisenbahn steht, befindet sich eine Dampfmaschine mit derjenigen Vorrichtung, welche die Grabenarbeit ausführen soll. Letztere stimmt nahe mit einer Baggermaschine überein und greift vor sich den Boden an. Es ist entweder ein einzelner groſser Eimer, der in die Erde ge-

stofsen und nachdem er sich gefüllt hat, wieder gehoben wird, oder eine Reihe von Eimern befindet sich an einer Kette ohne Ende, auch wohl am Umfange eines Rades, die aber sämmtlich in ähnlicher Weise, wie jeder einzelne Eimer, wirken. Sie lösen das Material, heben es und entleeren sich entweder unmittelbar oder mittelst andrer mechanischen Vorrichtungen in einen zur Seite oder hinter der Maschine stehenden Eisenbahnwagen, auf welchem das gewonnene Material fortgeschafft wird.

Es ergiebt sich hieraus, dafs der Excavator stets den Fufs der zu beseitigenden Anhöhe angreift. Er faſst also die Erde nicht früher, als bis sie längs der Dossirung, die sich vor ihm bildet, herabgestürzt ist. Diese Anordnung bedingt einen wesentlichen Kraftverlust, insofern der zu hebende Körper, bevor er zur Maschine gelangt, noch tiefer herabfallen mufs. Aufserdem ist aber selbst in sehr gleichmäfsigem Boden, also etwa in reinem Sande, der Betrieb keineswegs ungestört. Einige Zeit hindurch wird die Dossirung, deren Fufs man beseitigt, immer steiler, plötzlich stürzen aber grofse Massen herab, indem die Dossirung wieder eine flachere Neigung annimmt, und zugleich gegen die Maschine vortritt. Letztere mufs alsdann zurückgezogen werden, um in der angemessnen Höhe die Erde fassen zu können. Dabei geschieht es auch, dafs ihre Wirksamkeit vielleicht ganz unterbrochen wird, indem die herabstürzende Erde sie zum Theil überschüttet oder gar beschädigt. Letzteres ist besonders bei verschiedenartig geschichtetem und mit Steinen durchsetztem Boden zu besorgen.

Die Excavatoren sind den Baggermaschinen nachgebildet, zwischen beiden ist aber der wesentliche Unterschied, dafs diese über, jene aber am Fufs der zu beseitigenden Erdmassen stehn. Die Bagger greifen letztere in ihrer Oberfläche oder doch nur wenig tiefer an, und sind daher frei von den erwähnten Uebelständen.

Was die Transporte der Erde oder des gelösten Gesteins betrifft, so mufs man zwei Fälle unterscheiden, die wesentlich verschiedne Einrichtungen erfordern. Es wird nämlich entweder der Abtrag aus einem tiefen Einschnitt zu Dammschüttungen oder Auffüllungen in der Nähe verbraucht, so dafs die Transporte auf horizontalem, oder auch wohl auf etwas geneigtem Wege erfolgen. Andrerseits aber ist oft eine solche Ausgleichung des Auf- und

Abtrags nicht ausführbar, weil man den Canal überhaupt nicht zu hoch über den Boden legen mag, oder aber die Entfernungen werden zu grofs, und es ist wohlfeiler, den Abtrag in der Nähe abzusetzen und den Auftrag wieder aus den Umgebungen des aufzuschüttenden Dammes zu entnehmen.

Von dem ersten Fall mag zunächst die Rede sein, wenn er sich auch bei Canal-Anlagen nicht häufig wiederholt, er vielmehr vorzugsweise beim Bau von Eisenbahnen eintritt. Sind die zu verfahrenden Erdmassen nicht grofs, auch die Wege nicht besonders lang, so wird man mit Rücksicht auf die geringen Einrichtungs-Kosten den Transport in gewöhnlichen Handkarren wählen. Dabei darf aber nicht gestattet werden, dafs der einzelne Arbeiter, sobald er seine Karre gefüllt hat, dieselbe ohne Rücksicht auf die übrigen Karren, welche nach demselben Punkt geschoben werden, allein diesen Weg zurücklegt. Die Controlle über seine Thätigkeit würde dabei unmöglich sein, und die Pausen pflegen sich alsdann übermäfsig auszudehnen, wozu noch kommt, dafs die Arbeiter sich gegenseitig sowohl beim Aufladen, wie beim Verstürzen stören, auch während des Schiebens einander den Weg sperren. Man mufs daher bestimmte Züge von zehn bis zwanzig Karren einrichten, die gleichzeitig gefüllt und unmittelbar hinter einander fortgeschoben und verstürzt werden. Bei Accordarbeiten, die in solchem Fall gewöhnlich stattfinden, pflegt der Vorarbeiter oder der Schachtmeister schon selbst in dieser Weise die Leute anzustellen, weil er alsdann am sichersten sich überzeugen kann, dafs sie sämmtlich gleichmäfsig thätig sind.

Neben der abzustechenden Erdwand liegen die Karrdielen, und hier stellt sich der ganze Zug auf. Alle Karren werden gleichzeitig gefüllt und unmittelbar hinter einander fortgeschoben, verstürzt und wieder zurückgebracht. Sind die Entfernungen aber länger, oder kommen merkliche Steigungen darin vor, so dafs es zu ermüdend wäre, die beladene Karre über den ganzen Weg zu schieben, so richtet man zwei oder mehrere Züge ein, die gemeinschaftlich den Transport besorgen. An bestimmten, mit Ausweichungen versehenen Stellen treffen alsdann zwei Züge zusammen, von denen der eine die beladenen und der andre die leer zurückkommenden Karren führt. Beide halten hier an, und die Mannschaften wechseln die Karren, so dafs derselbe Arbeiter, der eine

beladene bis hierher geschoben hatte, nunmehr eine leere zurückführt. Geübte Schachtmeister pflegen die Stellen, wo solcher Wechsel eintritt, passend zu wählen, so dafs die Leistungen der Leute in den verschiedenen Zügen ungefähr dieselben sind.

Kommt es darauf an, sehr grofse Erdmassen, also etwa Tausende von Schachtruthen, auf weite Entfernungen zu verfahren, so pflegt man zum Transport auf Eisenbahnen überzugehn, wobei theils Locomotiven, theils aber auch Pferde benutzt werden. Zuweilen und namentlich wenn die Abtragserde von verschiedenen Stellen entnommen werden mufs, wird hiermit noch die Benutzung von Handkarren verbunden, indem man in diesen das abgestochene Material an die Eisenbahnwagen schiebt und es in letztere überwirft. Das wiederholte Umladen vertheuert indessen den Transport bedeutend. Beim Bau der Thüringer Bahn, hatte auf einer Abtheilung derselben, der damalige Baumeister Dihm die Einrichtung in der Art getroffen, dafs in sehr leicht construirten zweirädrigen Karren, die 8 Cubikfufs fafsten, die Erde beigefahren, aber nicht übergeladen, sondern mit diesen Karren auf die Eisenbahnwagen aufgeschoben wurde. Achtzehn solcher Karren konnten auf jeden Wagen gestellt werden, und am Kopfe der Dammschüttung wurden sie über eine Rampe abgefahren und einzeln umgestürzt. Es ergab sich, dafs bei dieser Art des Transports die Kosten sich besonders billig herausstellten.

Gewöhnlich wird die Erde aus tiefen und längern Einschnitten entnommen und alsdann lassen sich die Zwischentransporte ganz umgehn. Man legt die Bahn unmittelbar an den Fufs der jedesmaligen Seitenwand des Einschnitts, und stellt hier die Reihe von Wagen auf, in welche der abgegrabene Boden unmittelbar hineingeworfen wird. Die Wagen sind aber mit Kippkasten versehn, die theils nach vorn, theils nach einer und der andern Seite umschlagen, und sich dabei auf die einfachste Weise entleeren lassen, sobald sie das Ende der Bahn am Kopf des aufzuschüttenden Dammes erreicht haben.

Hierbei tritt indessen wegen der üblichen Anordnung der Bahn eine grofse Verzögerung ein. Wenn nämlich ein Wagen entleert ist, so kann der folgende nicht unmittelbar nachgeschoben werden, zunächst mufs die Bahn frei sein, um jenen Wagen über eine Weiche in ein Seitengeleise zu bringen, und erst wenn dieses ge-

schehn ist, läfst sich der folgende Wagen auf den Kopf des Dammes schieben und entleeren. Der Zeitverlust ist hierbei sehr bedeutend, besonders wenn die Weiche mit der Abzweigung weiter zurück liegt. Auch erfordert das Verschieben der beladenen Wagen noch mehrere Arbeiter, da die Kraft der Maschine, wenn sie auch hinter dem Zuge steht, hierzu nicht füglich benutzt werden kann, oder man müfste den ganzen Zug jedesmal vor, und nach Lösung des ersten Wagens zurückziehn.

Diesen Uebelständen begegnet man bei Dammschüttungen in Nord-America dadurch, dafs man vor dem jedesmaligen Kopfe der Schüttung die Bahn spaltet, und die beiden Geleise durch eine Art von Drehscheibe oder eine Bühne miteinander verbindet, von welcher aus der darauf befindliche Wagen entleert, oder sein Inhalt verstürzt wird. Sobald dieses aber geschehn ist, tritt der Wagen auf das zweite Geleise und der folgende kann sogleich vorgeschoben und entleert werden,*) Fig. 394 auf Taf. LVIII zeigt eine solche Sturzbühne *a* in der Ansicht von oben und *b* im Durchschnitt nach *AB*.

Eine Scheibe ist aus kreuzweise über einander genagelten Brettern bebildet und mit zwei schwachen Kreuzhölzern verbunden, welche schon die Anfänge der beiden parallelen Geleise tragen. Dieser Theil der Vorrichtung ist so leicht, dafs er beim Vorrücken der Schüttung bequem an den beiden daran befestigten Zugstangen vorgeschoben werden kann. Auf der Scheibe liegen zwei Kreisschienen, und hierauf steht mittelst vier Rollen eine Art Drehscheibe oder kleiner Wagen, der um eine vertikale Achse mittelst eines gegenüber angebrachten Hebels leicht gedreht werden kann. Die ganze Anordnung ist einfach und ergiebt sich mit hinreichender Deutlichkeit aus der Zeichnung.

Dieser Wagen trägt wieder zwei Schienen, die sich an das eine, wie an das andre feste Geleise anschliefsen. Damit aber der Erdwagen beim Aufstehn auf demselben, nicht herabläuft, so treten die Enden zweier Winkelhebel über die innere Schiene und eine Feder, die man in der Figur auch bemerkt, erhält die Hebel in dieser Stellung. Sobald jedoch die Verbindung mit einem der festen

*) *George Cole, the contractors book of working drawings of tools and machines.* New-York, 1855.

Geleise dargestellt wird, stöfst ein vortretender Arm den Winkelhebel zurück und der Erdwagen kann ungehindert auf eines der beiden Geleise übergehn.

Die Bahnen haben die Spurweite von 3 Fufs und die Wagen laden ungefähr eine halbe Schachtruthe. Sie sind sämmtlich so eingerichtet, dafs sie nach derselben Seite ausstürzen, weil bei der Drehung des Wagen auf der Bühne, wenn dieser nach der äufsern Seite sich entleert, die Anschüttung sowohl vor dem Kopf, als an den beiden Seiten des Dammes erfolgen kann.

Bei Dammschüttungen, die nur eine geringe Kronenbreite erhalten sollen, genügt die beschriebene Anordnung. Wenn dagegen etwa eine doppelgeleisige Bahn auszuführen ist, so mufs Gelegenheit geboten werden, die Verstürzungen nach den Seiten in gröfserm Abstande zu bewirken. Um die Stürzbühne alsdann nicht zu schwer zu machen, mufs man von der Vergröfserung ihres Radius absehn und man trennt die beiden Quadranten der Bühne durch einen geraden Strang von beliebiger Länge. Fig. 395 zeigt dieses. Man bedarf alsdann zweier besondern Drehscheiben, deren jede einen Quadranten durchlaufen kann. Die Vorrichtungen zum Drehn und zum Feststellen der Wagen sind in dieser Figur nicht angegeben, da sie mit den beschriebenen übereinstimmen. Es mufs aber noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die beiden Scheiben nur durch drei dagegen geschrobene Kreuzhölzer verbunden sind, die man leicht durch andre ersetzen und dadurch jede beliebige Breite der Schüttung ermöglichen kann.

Bei Canal-Anlagen kommt es meist nur darauf an, die aus den Einschnitten gewonnene Erde zu beseitigen, und sie irgendwo auszusetzen. Alsdann handelt es sich aber gemeinhin nicht um weite Transporte, sondern vorzugsweise nur die Förderung der Masse aus der Tiefe bis zur Oberfläche des natürlichen Bodens. Man wählt auf letzterm eine Stelle in der Nähe, die möglichst wenig nutzbar ist, deren Ueberschüttung also die mindesten Entschädigungs-Kosten veranlafst, und mit Berücksichtigung der letzten, sowie auch der Transportkosten pflegt es am vortheilhaftesten zu sein, den gelösten Boden unmittelbar zur Seite des Einschnitts abzulagern. Wenn aber auch die Entfernungen gröfser werden, so pflegt doch immer das Heben der Erde vorzugsweise diesen Transport zu vertheuern.

Wenn man keine besondern mechanischen Vorrichtungen wählt, und nur Menschenkraft benutzt, so werden gewöhnlich die Erdkarren einzeln durch die Arbeiter hinaufgeschoben. Solche Anordnung ist aber sehr unzweckmäfsig und kostbar, nicht nur weil die Menschenkraft unter allen Umständen theurer, als andre Betriebskräfte ist, sondern vorzugsweise, weil sie in diesem Fall auch grofsentheils unnütz verwendet wird. Es kommt nur darauf an, die Erde, also den Inhalt der Karre heraufzuschaffen, in diesem Fall mufs aber der Arbeiter nicht nur die Karre sondern auch sich selbst, also sein eignes Gewicht heben, und alsdann, wenn auch nur mit mäfsiger Anstrengung wieder herabsteigen und die Karren herabschieben. Eine solche Anordnung rechtfertigt sich daher, nur, wenn die Kosten einer bessern Einrichtung bei der geringen Ausdehnung der Arbeiten zu grofs ausfallen.

In solchem Fall begnügt man sich damit, einige Erleichterung dadurch herbeizuführen, dafs jeder Arbeiter die Karre nur so weit schiebt, als seine Kräfte dabei nicht erschöpft werden. Man ordnet also wieder gewisse Stationen an, auf welchen die Leute die Karren wechseln und jeder statt der vollen, die er hinauf geschoben hat, eine leere herabnimmt. Es leuchtet aber ein, dafs die bezeichneten Mängel hierdurch keineswegs beseitigt werden, vielmehr die Arbeit nur regelmäfsiger erfolgt.

Zuweilen wird die aufgehobene Erde nicht heraufgeschoben, sondern in Küpen oder Körben auf den Rücken der Arbeiter heraufgetragen. Diese Anordnung ist in sofern vortheilhaft, da die Körbe leichter sind, als die Karren. Die Arbeiter pflegen indessen nicht gern hierzu sich zu verstehn, wogegen auf manchen Baustellen die Erfahrung gemacht ist, dafs die Kosten vergleichungsweise gegen das gewöhnliche Schieben sich bedeutend billiger stellen, wenn man Frauen und Mädchen die Erde tragen läfst, die dabei nicht so leicht ermüden, auch mit einem geringern Tagelohn sich begnügen.

In England, wo der Arbeitslohn sehr theuer ist, vermeidet man wenigstens eine Verschwendung der Menschenkraft und unterstützt sie aufserdem durch andre weniger kostbare Kräfte. Beim Bau des neuen Parlamentshauses in London, sah ich die Erde aus den Fundamenten etwa 25 Fufs hoch in Karren heraufschieben, aber dabei war eines Theils eine Ausgleichung zwischen dem

heraufsteigenden und herabgehenden Arbeiter und deren Karren durch eine, um eine Rolle geschlungene Kette dargestellt, und andern Theils wurde die herabgehende Karre auch jedesmal noch von einem Pferde gezogen. Die Brücken, auf welchen die Karren geschoben wurden, waren so steil, dafs man darauf ohne Unterstützung kaum gehn konnte. Die Kette hatte solche Länge, dafs jedesmal, wenn eine Karre herauf geschoben war, und sich bereits oben befand, dennoch ihr Ende bis auf den Fufs der geneigten Ebne herabhing. Aufserdem waren die Ketten, wo sie an die Karren befestigt wurden, gespalten, und mit Ringen versehn, in welche die Arme der Karre hineinpafsten. Hinter dem Arbeiter vereinigten sich wieder die beiden Kettenstränge, so dafs derselbe von diesen ganz eingeschlossen war. Die Karren mufsten jederzeit so gestellt werden, dafs die Räder aufwärts gekehrt waren, die Arbeiter stellten sich dagegen sowohl beim Aufgange, als beim Abgange in die Richtung ihrer Bewegung. Beide Arbeiter beugten sich dabei sehr stark über, so dafs ihre Körper fast normal gegen die geneigte Ebne gerichtet waren. Dieses mufste auch wohl geschehn, weil sie sonst herabgeglitten wären. Auf solche Art konnte aber der Arbeiter, welcher der beladnen Karre folgte, nicht nur gar nichts zu deren Hebung beitragen, er mufste vielmehr sogar selbst heraufgezogen werden. Sein Gewicht wurde indessen durch das des andern Arbeiters aufgehoben, der sich in gleicher Weise an der herabgehenden Karre halten mufste, und diese daher eben so stark herabzog. Das an die letzte Karre und zwar am Fufs der geneigten Ebne gespannte Pferd hatte, nach seiner Bewegung zu schliefsen, einen bedeutenden Zug auszuüben, während die Arbeiter in der beschriebenen Weise im raschen Schritte herauf- und herabgingen. Sobald sie die geneigten Ebnen zurückgelegt hatten, und sich auf horizontalem Boden befanden, wurden die Karren ausgelöst, und statt der beladnen jedesmal eine leere, sowie am Fufs der Ebne statt der leeren eine beladne in die Ketten gehängt. Gleichzeitig löste der Treiber das Pferd von der Kette, woran es bisher gespannt war, führte es zurück und spannte es an die andre Kette, worauf die Förderung in gleicher Weise von Neuem erfolgte. Dafs die Arbeiter hierbei die Karren immer herauf und herab begleiteten, war nur deshalb nothwendig, weil man gewöhnliche Erdkarren mit einem Rade gewählt hatte. Man

kann dieses bei andern Karren leicht vermeiden, und dadurch ohne Zweifel die Arbeit noch mehr erleichtern, aber gewifs verdient diese Anordnung wegen ihrer grofsen Einfachheit Beachtung, da ihre Darstellung fast keine Anlagekosten erfordert. Dabei ist es indessen gleichgültig, ob man die Pferde oben, oder unten gehn läfst, es kommt nur darauf an, dafs sie auf horizontalen Wegen bleiben, und nicht etwa selbst ansteigen müssen.

Zweirädrige Wagen oder Karren, wie man sie häufig bei Erdtransporten anwendet, lassen sich leicht, ohne dafs ein Arbeiter sie begleitet, einen steilen Abhang herauf- und herabführen. Eine Anordnung dieser Art ist in England patentirt worden, die zweckmäfsig erscheint*). Die Karre, auf zwei Rädern ruhend, ist auf der Seite, die der Deichsel oder beiden Deichseln entgegengesetzt ist, mit einem passend geformten Haken versehn, der leicht und sicher in eine Kette ohne Ende eingreift. Diese Kette wird durch irgend eine Maschine in Bewegung gesetzt, so dafs sie in angemefsner Höhe über der Fahrbahn ansteigt, auf der die Wagen heraufgehn. Der volle Wagen wird am Fufs der Dossirung an den aufsteigenden Kettenstrang geschoben, und indem man den Haken eingreifen läfst, sogleich gefafst und von der Kette heraufgezogen. Durch eine leichte Bewegung wird der Haken wieder gelöst, sobald der Wagen aufgestiegen ist. Auf gleiche Weise können die Wagen auch herabgehn, wenn man es nicht vorzieht, sie in besondern Bahnen allein herunterlaufen zu lassen. Wenn aber die Kette ohne Ende nur eine geringe Geschwindigkeit hat, so lassen sich die Haken leicht und ganz sicher einrücken und wieder lösen.

Wesentlich verschieden ist die Vorrichtung die man bei Ausführung des Ludwigs oder des Main-Donau-Canals mehrfach mit manchen Modificationen benutzte, um aus den tiefen Einschnitten das Material auf die Ufer zu schaffen. Der Baumeister Hartmann hatte diese Förderungsart angegeben, woran jedoch der Maschinenbauer Späth in Nürnberg bei der Ausführung manche Verbesserungen anbrachte.

Es mag zunächst diejenige Einrichtung beschrieben werden, die bei dem 60 bis 70 Fufs tiefen Einschnitt in der Scheitelstrecke am Dörlbach benutzt wurde.

---

*) *Civil Engeneer and Architect's Journal.* 1846. pag. 219.

Fig. 396 auf Taf. LVIII deutet ungefähr die daselbst getroffne Anordnung an, doch mufste, um die Zeichnung nicht zu weit auszudehnen, die Tiefe des Einschnitts vergleichungsweise zu der Gröfse der einzelnen Maschinentheile sehr vermindert werden. Eine Kette ohne Ende ist über vier Getriebe oder Polygonal-Walzen gezogen, von denen eine, nämlich die auf dem hohen Ufer befindliche durch einen Pferdegöpel langsam gedreht wird. Die Kette besteht aus zwei Strängen hochkantiger eiserner Glieder, welche durch eiserne Achsen mit einander verbunden sind. Die Achsen sind etwa 2 Fufs von einander entfernt, und eben so grofs ist auch die gegenseitige Entfernung der beiden Kettenstränge. Zwischen den Gliedern der letztern und je zwei zunächst belegnen Achsen bilden sich also quadratische Oeffnungen, die in den Seiten zwei Fufs messen.

Jene Getriebe haben vortretende Arme mit Einschnitten, worin sie bei ihrer Drehung die Enden der Achsen sicher fassen, so dafs ein Gleiten der Kette nicht stattfinden kann. An je zwei zunächst neben einander befindliche Achsen ist zwischen den Kettengliedern ein dreiseitiger prismatischer hölzerner Kasten gehängt der beim Aufsteigen seine Oeffnung nach oben zugekehrt hat. Seine hintere Seite wird durch eine bewegliche Klappe gebildet, die sich um die entsprechende Achse der Kette dreht. Auf der gegenüberstehenden Seite der Klappe tritt eine elastische Feder vor, die in einen Haken eingreift, der an den Boden des Kastens befestigt ist. Die Klappe bleibt also so lange geschlossen, bis die Feder zurückgeschlagen wird, und sie schliefst sich von selbst, wenn der Kasten beim Rückgange sich lothrecht abwärts bewegt, indem sie alsdann mit Heftigkeit zuschlägt und dabei die Feder zurückdrängt.

Aufserdem befinden sich an der scharfen, der Kette entgegengesetzten Kante jedes Kastens zwei Rollen, welche beim Ansteigen auf die hohe Dossirung sich auf Bahnen auflegen, und dadurch das zu starke Durchbiegen der Kette und zugleich die zu scharfe Anspannung derselben verhindern.

Die drei untern Getriebe ruhn auf einer beweglichen Rüstung, die jederzeit möglichst nah an die abzustechende Erdwand am Ende des bereits ausgeführten Einschnitts geschoben wird, und in entsprechender Weise wird auch das obere Getriebe mit dem Göpel beim Fortschreiten der Arbeit vorgerückt.

Auf der Sohle des Einschnitts, wie auch auf der Dossirung bis zur Uferhöhe stehn in geringen Entfernungen Arbeiter, welche den Boden, der hier aus Gerölle und weichem Gestein besteht, abstechen und in die mit der Geschwindigkeit von etwa 6 Zoll in der Secunde vorbeiziehenden Kasten hinein warfen. Letztere sind, sobald sie den tiefsten Stand erreicht haben, ganz leer und nehmen über der horizontalen Sohle nur wenig auf, füllen sich aber immer mehr beim Ansteigen der Dossirung. Haben sie endlich die Uferhöhe erreicht, und sich auch so weit darüber erhoben, wie der fernere Transport dieses erfordert, so werden sie von dem Getriebe gefafst, und indem sie sich der senkrechten Richtung nähern, schlägt ein hier stehender Arbeiter die erwähnte Feder zurück, worauf ihr Inhalt ausstürzt. Dieser wurde aber nicht auf den Boden geschüttet, vielmehr mittelst eines Trichters in einem darunter stehenden Eisenbahnwagen aufgefangen.

Bei andern tiefen Einschnitten desselben Canals, wo der Boden aus Erde oder Sand bestand, war die Maschine in sofern vereinfacht, als die Kasten fehlten, und statt derselben die Kette mit einer Decke aus starkem Segeltuch überzogen war, wie Fig. 397 zeigt. Dabei waren auch nur zwei Getriebe angebracht, indem die senkrechte Herabführung der Kette entbehrlich wurde. Bei der Krümmung der Kette strich dieselbe sowohl über der Sohle, wie über der Dossirung in nicht bedeutender Höhe fort, so dafs die Arbeiter den abgestochenen Boden bequem aufwerfen konnten. Dieses war hier aber um so leichter, als man nicht einen bestimmten Kasten, vielmehr nur die Decke überhaupt zu treffen brauchte. Zwischen den Achsen bildeten sich beutelförmige Vertiefungen in welche diejenige Erde, welche zunächst auf die Achsen traf, herabfiel. Die Erde durfte aber nicht, wie bei jenen Kasten, auf den untern Theil, vielmehr mufste sie auf den obern Theil der Kette geworfen werden, weil sie sonst beim Uebergange über das obere Getriebe von jenem nicht abgefallen wäre. Die in beiden Figuren angegebenen Pfeile lassen auch erkennen, dafs die Richtung der Bewegung hier die entgegengesetzte ist.

Im Sommer 1842 sah ich beide Arten von Maschinen in Thätigkeit, und sie arbeiteten sehr sicher und regelmäfsig. Ich mufs aber noch hinzufügen, dafs sie nicht nur auf beiden Seiten des Canals aufgestellt werden mufsten, sondern dafs man sie auch

wiederholentlich durch denselben Einschnitt gehn liefs. Dieses war in sofern nöthig, als man nur diejenige Erde aufwerfen konnte, die am Fufs der hintern Wand des jedesmaligen Einschnittes lag. Bei der zuerst gewählten geringern Tiefe lag also die Erde in gröfsrer Höhe, und brauchte daher auch nicht so hoch gehoben zu werden, als wenn man sogleich bis zur vollen Tiefe herabgegangen wäre.

Bei keinem Canal ist wohl die Benutzung von Maschinen für Erdarbeiten so weit ausgedehnt worden, als bei dem Suez-Canal, der das Mitteländische mit dem Rothen Meere verbindet. Hier mufste die Handarbeit auf das Mininum beschränkt werden, weil es sowohl an brauchbaren Arbeitern, wie auch an Mitteln zu ihrer Verpflegung fehlte und sonach der Tagelohn mit Einschlufs der Nebenkosten eine enorme Höhe erreichte. Ueber die Ausführung der dortigen Erdarbeiten ist wenig bekannt geworden,*) woher nur Nachstehendes darüber mitgetheilt werden kann.

Der Canal ist im Ganzen 21,4 Meilen lang, davon treffen 6,6 Meilen auf dazwischenliegende Seen, in welchen jedoch auf grofse Strecken die beabsichtigte Tiefe unter dem Wasserspiegel des Mittelländischen Meeres nicht vorhanden war, die also noch durch Baggern dargestellt werden mufste. Auf 10,6 Meilen erhob sich der Boden nur wenig über den künftigen Wasserspiegel. Endlich auf 4,2 Meilen Länge war höheres Terrain zu durchschneiden, das stellenweise sogar bis 50 Fufs darüber sich erhob, während die durchschnittliche Höhe 20 Fufs betrug.

Die Tiefe war auf 25,5 Fufs angenommen und die Sohlenbreite auf 70 Fufs. Die Breite des Wasserspiegels sollte bis auf einige im Gebirge ausgehobene Stellen 255 Fufs betragen, während sie in den Seen nicht begrenzt wird. Es waren im Ganzen ungefähr 17 Millionen Schachtruthen zu fördern.

---

*) In den *Nouvelles Annales de Construction* von Oppermann, Tome VIII, 1862 pag. 5 werden einige Notizen über die beabsichtigte Art der Ausführung mitgetheilt, wie auch Tome XIII, 1867 pag. 134 eine kurze Nachricht über den Fortgang der Arbeiten folgt. Andre Notizen wurden bei Gelegenheit der Eröffnung des Canals veröffentlicht, namlich von L. Hagen in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1870, Seite 217. Auch in den *Annales des Ponts et chaussées* 1870, I. pag. 104 befindet sich ein Aufsatz von Rumeau, der indessen die Technik wenig berührt.

Nach der Mittheilung in den Nouvelles Annales soll es ursprünglich Absicht gewesen sein, den ausgehobenen Boden in folgender Weise auf die Ufer zu schaffen.

1. Im Anfange, wenn die Ausgrabung nicht über 15 Fuſs tief war, sollten zwei Drahtseile, beide mit solcher Neigung ausgespannt werden, daſs je zwei mit einander verbundene Rollen, an welchen die Erdkarren hingen, wie auf schwebenden Eisenbahnen, von selbst darüber liefen. Ueber der Grube waren die beiden Enden der Seile an die Arme eines Hebels befestigt, den man drehn konnte, so daſs abwechselnd der eine und der andre Arm sich nach oben richtete. Die leere Karre hing über der Grube an dem untern Seil. Nachdem sie gefüllt war, drehte man den Hebel und nunmehr lief die Karre von selbst auf das Ufer. Dort wurde sie entleert und an die Rollen auf dem andern Seil gehängt, worauf sie wieder nach der Erdgrube zurücklaufen sollte. Von dieser wunderbaren Erfindung, die gewiſs wenig Erfolg versprach, ist man wohl bald zurückgekommen.

2. Wenn die Grube tiefer wurde, sollten die Karren durch Menschen herauf- und herabgeschoben werden, jedoch so, wie bei kleineren Erdarbeiten in England geschieht, daſs ein um eine Rolle geschlungenes Seil die aufsteigende mit der herabgehenden verbindet.

3. Bei noch gröſserer Tiefe sollte über der Dossirung eine Kette ohne Ende sich bewegen, die mit einer Decke aus Segeltuch überspannt ist. Auf letzteres wurde die Erde aufgeworfen, die alsdann bei der Bewegung der Kette durch einen Göpel oder eine Locomobile auf das Ufer stieg. Dieses ist dieselbe Einrichtung, die beim Main-Donau-Canal benutzt war.

4. Wenn endlich der Canal sich mit Wasser gefüllt hatte, so sollte der Boden durch einen Dampfbagger ausgehoben und in einer langen Rinne wieder auf jenes Lacken über der Kette ohne Ende ausgeschüttet werden.

Von allen diesen Erfindungen scheint nach den sonstigen Mittheilungen keine einzige angewendet zu sein, oder wenn dieses geschehn, ist man wohl sehr bald davon zurückgekommen.

Um den Boden durch Maschinenkraft abzustechen und zugleich zu heben, wurde eine Anzahl Excavatoren angeschafft, die auch einige Zeit hindurch arbeiteten, deren Leistungen aber dennoch

nicht befriedigten, woher schliefslich der überwiegend gröfste Theil der Erdarbeit durch Dampfbager ausgeführt wurde. Das auf diese Weise gehobene Material konnte indessen nur, wenn es aus den Seen selbst oder unmittelbar daneben gewonnen war, in diese verstürzt werden. Mehrfach stellte man auf die Prahme Kasten, welche durch die Bagger gefüllt und alsdann durch Dampfkrahne einzeln gehoben und entleert wurden. Vorzugsweise förderten aber die Bagger selbst das Material bis auf die Ufer. Die Anordnung der Baggermaschinen war dabei die sonst in Frankreich übliche, und unterschied sich nur dadurch, dafs die Eimerleiter übermäfsig lang und die Erde bis 45 Fufs über den Wasserspiegel gehoben wurde. Von hier fiel sie in eiserne Rinnen von halbkreisförmigem Querschnitt und nahe 5 Fufs Weite. Dieselben waren bis 220 Fufs lang, und reichten mit schwacher Neigung bis über das Ufer. Sie waren nicht nur mit den Baggern verbunden, sondern ruhten aufserdem auf Prahmen und waren gegen das Einbiegen durch gitterförmige Träger unterstützt. Um aber die Erde oder den Sand bei der schwachen Neigung dieser Rinnen bis zum Ufer zu führen, liefs man die Eimer zugleich grofse Wassermassen schöpfen, die eine kräftige Strömung veranlafsten. Zuweilen stellte man zu diesem Zweck auch besondere Pumpen auf, während in andern Fällen gewisse Schaufelwerke, ähnlich den im ersten Theil dieses Handbuchs §. 45 beschriebenen und Fig. 258 dargestellten, eingerichtet waren, welche das Material über die ganze Länge der Rinne fortschoben.

Im Allgemeinen grub man den Boden bis etwa 6 Fufs unter den Spiegel des Mittelländischen Meeres aus, und beseitigte auf Eisenbahnen das gehobene Material. Hierauf wurde aber das Wasser hineingelassen und die Bagger in Thätigkeit gesetzt. Um letztere noch früher benutzen zu können, hatte man den aus dem Nil gespeisten Süfswasser-Canal, der theils zur Verpflegung der Arbeiter, und theils zur Erleichterung des Transports längs der Canallinie geführt werden mufste, auf das höhere Plateau am Serapeum geleitet, und durch denselben einen Wasserstand gebildet, der sich 19 Fufs über den Spiegel des Mittelländischen Meers erhob. In dem so gebildeten Bassin arbeiteten acht Dampfbagger. Nachdem diese aber die zunächst erforderliche Tiefe gebildet hatten, stellte man die Verbindung mit der anschliefsenden Canal-

strecke dar, worauf die Baggerung von dem gesenkten Niveau aus fortgesetzt werden konnte.

Die 3½ Meilen lange Strecke vom kleinern Bittersee bis zur Ebne vor Suez mufste man im Trocknen und durch Handarbeit ausheben, weil hier vielfach Bänke eines festen Kalksteins vorkommen, die zum Theil sich über den Wasserspiegel des Meeres erhoben.

Die Arbeiten an diesem Canal in Verbindung mit den beiderseitigen Hafenanlagen wurden am 25. April 1859 begonnen, bei der feierlichen Eröffnung am 17. November 1869 war der Canal aber noch keineswegs in den beabsichtigten Dimensionen ausgeführt. Die bei dieser Gelegenheit zugelassenen Schiffe durften keinen gröfsern Tiefgang als von 15 Fufs haben, und es fehlte nicht nur an Tiefe, sondern auch an der beabsichtigten Breite, so wie auch in vielfachen andern Beziehungen noch Ergänzungen und Nacharbeiten nöthig waren. Wichtig ist es aber, dafs bald darauf die Preufsische Corvette Arcona bei 17 Fufs Tiefgang bis ins rothe Meer hindurchlief, ohne irgend wo den Grund zu berühren.

Dafs man bei Ausführung tiefer Einschnitte sehr vorsichtig sein mufs, um das Einstürzen der Dossirungen nicht zu veranlassen, ist bereits erwähnt. Im Allgemeinen wird diese Gefahr um so gröfser, je höher die Dossirung ansteigt. Der Grund dafür ist zum Theil in der zunehmenden Wahrscheinlichkeit zu suchen, dafs irgend welcher Bruch im Boden vorhanden ist, der das Herabgleiten der gelösten Masse erleichtert. Demnächst vermindert sich die Wirkung der Cohäsion, welche kleinere Theile genügend verbindet, sobald es sich um die Erhaltung des Gleichgewichts in grofsen Massen handelt. Die Cohäsion ist nämlich der Ausdehnung der Bruchfläche proportional, steht daher in constantem Verhältnifs zur Höhe bei gegebener Breite, wogegen das Gewicht der in derselben Breite gelösten Masse dem Quadrat der Höhe entspricht. Die Gefahr wächst also bei zunehmender Höhe. Aufserdem kommt auch die durch den stärkern Druck vermehrte Wirkung des Wassers in Betracht, und endlich ist der Schaden beim Einsturz einer hohen Dossirung viel nachtheiliger und ausgedehnter, als einer niedrigen, und die Wiederherstellung wird kostbarer und zeitraubender.

Aus diesen Gründen pflegt man im aufgeschwemmten Boden die hohen Dossirungen, wenn sie auch in den einzelnen Absätzen

keine sanftere Neigung erhalten, doch durch horizontale Bankete zu unterbrechen, wodurch sie im Allgemeinen bedeutend flacher werden. Diese Bankete sind 3 bis 6 Fuſs breit und liegen in vertikalen Abständen von 6 bis 10 Fuſs übereinander. Ihre Wirkung besteht darin, daſs sie den Druck des darüber liegenden Bodens von der äuſsern Fläche entfernen.

Der Einfluſs der gröſsern Höhe ergiebt sich selbst bei gewachsenem Boden noch aus einer andern einfachen Betrachtung. Jedes Baumaterial, wie fest es auch sein mag, trägt sich nämlich bei prismatischer Form nur bis zu einer gewissen Höhe, die seiner rückwirkenden Festigkeit entspricht. Sobald man eine gröſsere Höhe einführt, so werden die untern Schichten zerdrückt. Bei einem Einschnitt in festem Felsen, der für geringe Höhen gar keiner Böschung bedarf, würde augenscheinlich dasselbe geschehn, sobald man ihn übermäſsig tief senkrecht eingeschnitten hätte. Wenn diese Grenze auch nie erreicht wird, so ist die Festigkeit des Gesteins in einzelnen Schichten doch oft so geringe, daſs sie dem Druck nicht Widerstand leistet, während sie hinreichende Tragfähigkeit besaſs, als der Druck sich noch auf die ganze Masse übertrug, die früher den Einschnitt füllte.

Am geringsten ist die Gefahr, wenn der Einschnitt in einer zusammenhängenden Felsmasse dargestellt wird. Man giebt der Böschung alsdann nur eine geringe Anlage, die zuweilen noch nicht der halben Höhe gleichkommt. Wenn indessen die ganze Masse auch fest verbunden, und eine Trennung derselben im Innern, oder das Lösen einzelner Theile undenkbar ist, so bleibt dennoch zu untersuchen, ob die entblöſste Felswand dem Einfluſs der Witterung Widerstand leisten wird. Es geschieht nicht selten, daſs ein Gestein, in welchem die Bergfeuchtigkeit noch eingeschlossen ist, einen innigen Zusammenhang zeigt, und so fest ist, daſs man durch Sprengen mit Pulver nur kleinere Massen davon lösen kann. Sobald es aber der Witterung ausgesetzt, bald trocken, bald naſs wird, und in diesem Zustande auch der Einfluſs des Frostes hinzukommt, so nimmt häufig die Oberfläche ein ganz andres Ansehn an, und es lösen sich nicht nur kleine Brocken, sondern es bilden sich auch tief eingreifende Risse, die zur Trennung gröſserer Massen Veranlassung geben. Dieser Fall ereignet sich oft in manchen Kalksteinen, in Grauwacke, im Sand-

stein und andern Gebirgsarten. Die Folge davon ist aber, dafs sich von selbst eine flache Dossirung bildet, die sich immer weiter ausdehnt, bis sie endlich so wenig geneigt ist, dafs die gelösten Theile nicht mehr herabfallen. Bei manchen Französischen Canälen hat man in dieser Weise nachträglich sehr bedeutende Aenderungen einführen müssen.

Um solchem Mifsgriff vorzubeugen, ist es am passendsten, vor der Ausführung der Sprengungsarbeiten, in der Richtung des Einschnitts, Schachte herabzutreiben, und das dabei gewonnene Material frei liegend der Witterung, und dem Frost auszusetzen, und vergleichungsweise gegen einzelne Stücke, die man im frühern Zustande zu erhalten sucht, die Abnahme der Festigkeit zu beobachten.

Dafs bei weichem Gestein, oder solchem, das leicht verwittert und zerklüftet, wenn es beim Brechen auch einige Festigkeit zeigen sollte, noch gröfsere Vorsicht nöthig ist, um das Hineindringen des Wassers möglichst zu verhindern, bedarf kaum der Erwähnung. Man giebt demselben nicht nur eine solche Dossirung, dafs die gelösten Brocken darauf ziemlich sicher liegen, sondern aufserdem bringt man darauf auch noch Bankete an, um die herabfallenden Massen aufzufangen.

Bei geschichtetem Gestein, und namentlich beim Thonschiefer, mufs man auf die Neigung der Schichten sehr aufmerksam sein, denn wenn dieselben nach dem Einschnitte abfallen, so verwandelt sich leicht die schon vorhandene Fuge in eine Bruchfuge und die ganze darauf ruhende Steinmasse gleitet herab. Der Thon, welcher sich gemeinhin ziemlich rein in den Fugen des Thonschiefers abgesetzt hat, wirkt, wenn Wasser hinzutritt und ihn erweicht, sogar wie eine Schmiere, wodurch die Bewegung noch befördert wird. Dergleichen Bergstürze kommen nicht selten und selbst bei Strafsenbauten vor. Man wird also, wenn die Schichten in einer Richtung stark geneigt sind, die ungefähr normal gegen die des Einschnitts liegt, diejenige Dossirung, in welcher die Schichten abfallend austreten, eben so flach, wie die Neigung der Schichten, anlegen müssen, während auf der andern Seite, wo die Köpfe der Schichten austreten, die Neigung viel steiler bleiben kann. Solche Ungleichmäfsigkeit der beiderseitigen Böschungen eines tiefern Einschnitts stellt sich nachträglich von selbst dar, wenn man

sie nicht bei der Ausführung schon vorgesehn hatte. Wenn dagegen die Schichten nur flach geneigt sind, aber wieder nach dem Einschnitt abfallen, so mufs man auf andre Weise einem möglichen Absturz vorzubeugen suchen. Hierzu dienen zum Theil starke Futtermauern, oder auch wohl nur einzelne Strebepfeiler, vor Allem ist es aber nöthig, den Eintritt des Wassers in die Fugen zu verhindern, denn wenn dieses den darin befindlichen Thon erweicht, so kann selbst bei sehr geringer Neigung die Bewegung eintreten. Dabei ist noch zu bemerken, dafs diese Bewegungen gewöhnlich nicht sogleich erfolgen, vielmehr oft mehrere Jahre hindurch das Gleichgewicht besteht, und keine Erscheinung auf eine Gefahr schliefsen läfst, während plötzlich und namentlich nach anhaltendem Regen, oder beim Schmelzen grofser Schneemassen, die Böschungen herabgleiten und einstürzen. Dieser Umstand zeigt augenscheinlich, welchen grofsen Einfluſs auf diese Erscheinung das Wasser ausübt.

Ablagerungen von Kies und festen Steinbrocken lassen am wenigsten eine Gefahr besorgen, indem die einzelnen Steinchen sich sicher stützen und aufserdem auch das Wasser dazwischen leichten Abfluſs findet. In ähnlicher Art verhält es sich auch mit reinem Sande, der zwar eine flache Böschung erfordert, aber wenn nur diese Bedingung erfüllt ist, keine Bewegung annimmt. Das eindringende Wasser befeuchtet ihn zwar, es dringt indessen mit Leichtigkeit weiter herab, und wo es an der äufsern Dossirung zum Vorschein kommt, geschieht dieses nicht in starken Adern oder Quellen, sondern es zeigt sich nur ein schwaches Durchsickern, das keine Besorgniſs erregt. Gelingt es aber, die schräge Fläche noch zu bepflanzen, so wird die Besorgniſs beseitigt, dafs der äufsere Sand herabgetrieben werden möchte.

Dieses günstige Verhältniſs besteht aber nur, wenn der Einschnitt aus reinem Sande besteht, oder wenn demselben ein sehr geringer Thongehalt gleichmäfsig beigemengt ist. Befinden sich aber in der Sandablagerung Thonschichten, wie dieses häufig geschieht, so gehört der Boden zu den gefährlichsten, die es überhaupt giebt, weil starke Quellen sich darin zu bilden pflegen. Das Wasser kann, indem es herabsinkt, die Thonschichten nicht durchdringen, sammelt sich also auf diesen an, flieſst über sie fort, und wo es zu Tage tritt, verwandelt es den darüber liegenden Sand

in Triebsand, den es in grofsen Massen herausreifst. Diese Erfolge zeigen sich auch noch, wenn die Dossirungen sehr flach sind. Zu den Erdstürzen, die sich alsdann ereignen, trägt aber die Erweichung des Thones wahrscheinlich wesentlich bei, indem sie alle Bewegungen erleichtert. Man überzeugt sich auch, dafs die Anbringung von Futtermauern, wenn sie nicht so stark sind, dafs sie dem Druck der ganz mit Wasser gefüllten Erde Widerstand leisten können, wenig Vortheil versprechen. Indem aber das Wasser unter der Mauer fort sich einen Ausweg sucht, so gefährdet es noch in andrer Weise die Stabilität derselben. Wollte man unter solchen Verhältnissen, wo nämlich grofse Wassermassen vordringen, die Mauer mit Durchfluſs-Oeffnungen versehn, so würde dadurch eine Menge Sand mit herausgetrieben werden. Man pflegt allerdings dieses Mittel zuweilen anzuwenden, doch sucht man alsdann durch Steinschüttungen hinter der Mauer das Durchfliefsen des Sandes möglichst zu verhindern. Vielfach, und oft mit günstigem Erfolg, hat man die abstürzenden Dossirungen durch Drainirung oder Anlage von Sickergräben (Theil I §. 29) haltbar gemacht. Das wirksamste Mittel, welches man gegen solche Quellenbildung anwenden kann, besteht darin, dafs man das Wasser schon abfängt, ehe es in den Boden eindringt. In manchen Fällen erreicht man dieses durch offne Abzugsgräben, liegen die Quellen aber in gröfsrer Tiefe, so genügen solche nicht mehr, und von ihrer Ableitung durch Artesische Brunnen, wie zuweilen vorgeschlagen, darf man sich im Allgemeinen wenig versprechen. Es bleibt alsdann nur übrig, dem Wasser an derselben Stelle, wo es bisher hindurchdrang, einen freien Abfluſs zu eröffnen. Am Canal von Charleroy war der Wasserzudrang in den hohen Dossirungen so stark, dafs unter dem Druck desselben der erweichte Boden flüssig wurde und die Leinpfade in den Canal gedrängt wurden. Man versuchte die Canalufer durch Bohlwerke zu halten, und da die Bewegung sich dennoch fortsetzte, so verstrebte man einzelne der beiderseitigen Bohlwerkspfähle durch Spannriegel gegen einander, unter welchen die Schiffe hindurchfuhren. Dennoch genügte auch dieses nicht, Die Spannriegel zerbrachen. Endlich entschloſs man sich, im Fuſs der Dossirung in Abständen von 64 Fuſs tiefe Stollen einzutreiben. Indem das Wasser in diesen offnen Abfluſs fand, blieben die Dossirungen endlich unversehrt.

Dieses Eintreiben von Stollen ist indessen sehr kostbar. Watson hat dafür ein andres Verfahren angenommen, das auch sowohl auf der London-Birmingham-Bahn, wie auf der Croydon-Bahn in Ausführung gebracht ist.*) Dasselbe stimmt mit den üblichen Bohrmethoden in aufgeschwemmtem Boden überein, und unterscheidet sich davon nur in sofern, als die Bohrlöcher nicht lothrecht abwärts, sondern horizontal, und sogar etwas ansteigend gebohrt werden. Es dient hierzu eine Maschine, die in den erwähnten Fällen auf einem Wagen stand, die aber bei Canälen auf ein Fahrzeug gestellt werden kann. In diese Bohrlöcher werden gufseiserne Futterröhren eingetrieben, deren Wände an der obern Hälfte durchlöchert sind. Diese Löcher sind aber auswärts sehr enge, und erweitern sich stark nach innen, woher sie sich nicht verstopfen können. Sollte aber durch sie Sand in die Röhren treiben, so würde derselbe, da er auf die untre glatte Röhrenwand fällt, mit dem Wasser zugleich herausfliefsen, oder man könnte ihn leicht durch gewisse einfache Vorrichtungen daraus entfernen. Die Sperrung der Röhren ist daher nicht zu besorgen.

Der reine Thonboden und eben so auch der weiche Mergel sind gleichfalls bei Ausführung tiefer Einschnitte höchst bedenklich, und in mancher Beziehung sogar noch gefährlicher, als Sand mit abwechselnden Thonlagen. Es tritt nämlich hierbei eigentlich niemals ein sichres Gleichgewicht ein. Der Thon verwandelt sich in der Nässe, so weit diese eindringt, in eine zähe Flüssigkeit, die unter keiner Dossirung sich erhält, sondern das Bestreben hat, jeden auch noch so sanften Abhang herabzufliefsen. In trockner Jahreszeit dagegen zerklüftet sie, und zerfällt in kleine Theilchen, die gleichfalls herabrollen, oder vom Regen herabgespült werden. Dabei pflegt sowohl auf dem reinen Thon, wie auf dem Mergel eine kräftige Vegetation sich nicht zu bilden, und die Oberfläche bleibt immer dem Einfluls der Witterung ausgesetzt, und bald trocken, bald flüssig fallen einzelne Theile derselben herab. Der gröfste Uebelsand tritt indessen ein, wenn gröfsere Wassermassen hineindringen. Dieser Zustand läfst sich jedoch gemeinhin vermeiden, wenn man für die gehörige Ableitung des Wassers sorgt. Der Boden ist nämlich an sich sehr wasserdicht, und man

*) *Civil Engineer and Architect's Journal* 1844. pag. 49 u. 66.

kann daher das Regenwasser, selbst bei mäfsigem Gefälle der Abzugsgräben, noch sicher ableiten, ohne dafs es sich stark hineinzieht.

Der Ourcq-Canal wurde bei Bondy, in der Nähe von Paris, durch einen etwa 45 Fufs tiefen Einschnitt in Mergelboden geführt. Bei der grofsen Eile, womit der Bau begonnen war, hatte man die Schwierigkeit dieses tiefen Einschnitts in solchem Boden ganz unbeachtet gelassen, und sogar beim Beginn der Arbeiten den beiderseitigen Dossirungen nur eine einfache Anlage und keine Bankete gegeben. Es traten sehr bald so bedenkliche Bewegungen ein, dafs dem Anschlage, der erst später aufgestellt wurde, schon flachere Dossirungen, nämlich mit $1\frac{1}{2}$facher Anlage zum Grunde gelegt sind. In dieser Weise kam der Einschnitt zur Ausführung. Man mufste indessen fortwährend die herabgestürzten Erdmassen beseitigen, und die Dossirungen abgraben, sobald sie überwichen, wobei schon 1816 die Böschungen eine 3fache Anlage angenommen hatten, in denselben wurden damals mehrere Bankete angebracht. Auch diese Abflachung zeigte sich jedoch als ungenügend. Im Jahr 1823 war der Canal stellenweise mit hölzernen Bohlwerken eingefafst, die jedoch oft so nahe an einander geschoben waren, dafs sie die Schiffahrt sperrten. Man hatte daher hin und wieder starke Pfähle davor gerammt, und diese gegen einander abgesteift, so dafs die Schiffe wieder unter den Spannriegeln hindurch geschoben wurden. Man war damals auch damit beschäftigt, die Dossirungen noch flacher zu machen. Sie erhielten zum Theil eine vierfache Anlage und wurden aufserdem in senkrechten Abständen von 6 Fufs mit Banketen von 6 Fufs Breite versehn. Nach spätern Mittheilungen scheint aber selbst diese flache Neigung noch nicht genügt zu haben, so lange der Boden stark mit Wasser durchzogen blieb. Eben so wenig zeigte sich noch ein günstigerer Erfolg, als man die Dossirung mit einer Steindecke oder einem Perré verkleidete. Dagegen sollen die Ufer keine weitere Bewegung gemacht haben, nachdem man endlich für die Abführung des Regenwassers gesorgt hat.

Das Ausweichen hoher Dossirungen wird oft noch dadurch befördert, dafs man die aus dem Durchstich gewonnene Erde zur Vermeidung weitrer Transporte unmittelbar dahinter ablagert. In dem letzterwähnten Beispiel war man bald hierauf aufmerksam ge-

worden, und hatte daher schon bei den ersten Abflachungen die Erde weit zurückfahren und ausbreiten lassen. Man mufs aber selbst bei festem Untergrunde dafür sorgen, dafs der Abraum nicht unmittelbar an den obern Rand der Dossirung geworfen wird, vielmehr wenigstens noch einige Ruthen weit davon entfernt bleibt, wodurch schon das Aufbringen der Erde erleichtert wird. Solche geringe Abstände genügen aber keineswegs bei zweifelhaftem Boden und bei hohen Ablagerungen, man ist vielmehr gezwungen, mit diesen noch weiter zurückzugehn, und aufserdem die Aufschüttungen so flach zu dossiren, dafs sie nicht etwa selbst in Bewegung kommen.

Eine andre Vorsicht, die bei der Ablagerung der ausgehobenen Erde am Rande eines Einschnitts nicht unbeachtet bleiben darf, bezieht sich wieder auf die Entwässrung. Eines Theils darf der Abraum nicht etwa die Entwässrung des natürlichen Bodens verhindern. Dieses könnte geschehn, wenn das Terrain nach der vom Einschnitt abgekehrten Seite abfiele, so dafs zwischen der Anschüttung und der Dossirung des Einschnitts das Regenwasser keinen Abfluſs fände, sich also hier ansammeln und so weit es nicht verdunstet, in den Boden einziehn müſste. Um dieses zu vermeiden, werden, so oft es nöthig ist, unter der Auftragserde, und bevor diese aufgebracht wird, an passenden Stellen überdeckte Gräben angelegt, und zugleich wird dafür gesorgt, dafs diesen das Wasser unbehindert zufliefst. Andern Theils darf man auch nicht unbeachtet lassen, dafs die frisch aufgeschüttete Erde, alles Regenwasser, welches darauf fällt, selbst einzieht, und wenigstens Anfangs, so lange ihre Oberfläche durch Nachsinken oder Verschlammung noch nicht gedichtet ist, dieses Wasser bis auf die frühere Oberfläche herabdringt. Damit es sich hier aber nicht ansammelt und zu neuen Quellen in der Dossirung Veranlassung giebt, empfiehlt es sich, auf der ganzen zu überschüttenden Fläche ein vollständiges Netz von Sickergräben einzurichten, was gemeinhin nur mäfsige Kosten verursacht. Endlich mufs man aber auch der aufgeschütteten Erde geeignete Dossirungen geben, damit das Regenwasser, wenn es sich nicht sogleich einzieht, abfliefsen kann. Ob die Entwässrung nach dem Durchstich, oder nach der entgegengesetzten Seite stattfinden soll, hängt von dem allgemeinen Gefälle des Bodens ab, aber jedenfalls mufs das Wasser möglicht sicher

und schnell aus der Nähe der Dossirungen entfernt werden. Ein Ableitungsgraben ohnfern des obern Randes der Dossirung, der mit möglichst starkem Gefälle das Wasser ableitet, ohne in den Einschnitt selbst auszumünden ist in diesem Fall besonders wichtig, oft ist man auch gezwungen, hinter dem Erdhaufen einen zweiten ähnlichen Graben auszuführen.

Auffallend ist es, dafs die Bewegungen der Dossirungen in tiefen Einschnitten sich häufig in der ersten Zeit gar nicht zu erkennen geben, vielmehr oft erst im nächsten Jahre eintreten, zuweilen aber auch noch *später*. Die Einstürze wiederholen sich aber alsdann lange Zeit hindurch, namentlich nach heftigem Regen oder nach dem Schmelzen grofser Schneemassen, sie hören vielleicht auch niemals auf, wenn man die Dossirungen immer in gleicher Weise wieder herstellt. Man will aber bemerkt haben, dafs die Erdstürze durch die Anfüllung des Canals mit Wasser beschleunigt werden, und man sonach bei einer Canalanlage früher ein sichres Urtheil über die Festigkeit der Dossirungen gewinnt, als wenn in dem Einschnitt eine Eisenbahn liegt. Bei dem unverkennbaren Einflufs des Wassers auf die ganze Erscheinung ist diese Verschiedenheit auch leicht zu erklären.

Die Dossirungen *hoher Anschüttungen* sind ähnlichen Gefahren, wie die der Einschnitte ausgesetzt, und bei beiden kommen ungefähr gleiche Erscheinungen vor. Ein wesentlicher Unterschied findet indessen insofern statt, als im künstlichen Damm die Abstürzungen früher eintreten und aufhören, als in der neuen Dossirung einer natürlichen Erdablagerung. Wenn der Damm auch lange Zeit hindurch sich setzt, und an Höhe verliert, so pflegt die Besorgnifs wegen seiner Dossirungen schon etwa nach einem Jahr vollständig verschwunden zu sein. Dieses erklärt sich leicht durch seine isolirte Lage, indem keine Quellen und grofse Wassermassen *hineintreten* können, er daher in kurzer Zeit austrocknet und auch später dauernd trocken bleibt. Wenn dagegen der Damm einen Canal tragen soll, so ändert dieses Verhältnifs sich wesentlich, und um den Zufälligkeiten zu begegnen, die alsdann besorgt werden müssen, kann die Vorsicht kaum zu weit getrieben werden, namentlich wenn die Dämme sehr hoch sind. Es begründet sich alsdann die Regel, dafs der Damm sich vollständig gesetzt haben mufs, und keine Bewegung mehr zeigen darf, wenn das Canalbett

auf ihm zugerichtet wird, weil dieses sonst nicht wasserdicht bleiben würde. Augenscheinlich würden aber alle Gefahren, denen unter den ungünstigsten Umständen die Dossirungen der Einschnitte ausgesetzt sind, sich bei den Dämmen wiederholen, wenn grofse Wassermassen fortwährend in sie eindringen könnten.

Das Aufbringen der Erde in dünnen Schichten, so wie das starke Abrammen derselben, um das spätere Setzen auf das geringste Maafs zu beschränken, ist besonders in diesem Fall dringend nöthig. Die Anwendung flacher Dossirungen empfiehlt sich aber theils, um den Bewegungen derselben zu begegnen, und theils auch um das Gewicht des ganzen Dammes auf eine gröfsere Grundfläche zu vertheilen, und dadurch das Einsinken der Thalsohle zu mäfsigen, falls dieselbe aus nachgebendem Boden besteht.

Die Bewegungen, welche die Dossirungen der Dämme machen, stimmen übrigens mit denen der Einschnitte überein. Wenn in der Dossirung selbst eine Verschiebung leicht möglich ist, so findet ein Herabgleiten grofser Massen, und zwar über eine cylindrische Bruchfläche statt. Der gelöste Theil, der die Form eines Abschnittes von einem Cylinder hat, senkt sich oben sehr stark, und bewegt sich gegen sein unteres Ende mehr seitwärt, die Böschung, welche ursprünglich von oben bis unten dieselbe war, wird daher oben steiler und verschwindet oft ganz, während sie unten sehr flach wird. Die Erscheinung ist genau dieselbe, die auch bei Abbrüchen der Flufsufer sich fast jedesmal wiederholt (§. 8). Vor dem Eintreten der Bewegung giebt sich die Ausbildung der Bruchfläche schon durch das Entstehn senkrechter schmaler, aber tiefer Spalten am obern Ende der gelösten Masse zu erkennen. Oft vergeht eine geraume Zeit, nachdem man diese bemerkt hat, bevor die Bewegung wirklich erfolgt. Sobald dieses aber geschieht, so zerfällt natürlich der seitwärts geschobene untere Rand, und bildet einen wellenförmig vortretenden Erddamm. Die steile Dossirung am obern Rande derjenigen Erdmasse, die an der Bewegung keinen Theil genommen hat, kann sich natürlich nicht lange erhalten und stürzt daher bald nach.

Wesentlich verschieden ist die Erscheinung, die bei dem bloſsen Setzen des Dammes eintritt, wobei kein Theil sich von dem nächst belegenen ablöst und gegen denselben verschiebt. Die Dossirungen bleiben auch in diesem Fall nicht unverändert, doch ist ihre Form-

veränderung gemeinhin so geringe, dafs man sie bei der üblichen Rasenbekleidung kaum mit Sicherheit wahrnehmen kann. Man bemerkt sie aber sehr deutlich, wenn die ganze Dossirung mit einer Steindecke oder einem Perré regelmässig verkleidet war. Dieses pflegt nämlich nach aussen auszubauchen, so dafs die Dossirung oben flacher, unten dagegen etwas steiler wird.

Endlich ist häufig der Untergrund nicht fest genug, um das Gewicht des Dammes zu tragen, er giebt also unter der starken Belastung nach und senkt sich. Hierbei pflegt oft nicht sowohl eine Compression des Bodens einzutreten, als vielmehr ein Ausweichen desselben. Namentlich geschieht dieses im weichen und morastigen Untergrunde. Sobald der Damm in ihn eindringt, erheben sich die Wiesenflächen am Fufs der Dossirungen, und steigen oft als langausgedehnte Rücken, in der Breite von mehreren Ruthen, einige Fufs hoch über den Horizont der ursprünglichen Thalfläche. Bei einer solchen Veränderung des Untergrundes verschiebt sich augenscheinlich die Masse desselben, indem sie aus der Mittellinie des Dammes sich nach beiden Seiten hin bewegt. Gewöhnlich wird in diesem Fall das Bette eines Baches durchschnitten, und wenn man, um letztern nicht zu sperren, hier einen Durchlafs erbaut hat, so nimmt derselbe an der Bewegung des Untergrundes Theil und wird der Länge nach zerrissen. Auch wenn man zu gröfserer Vorsicht den Durchlafs auf einen Pfahlrost gestellt hat, werden die Pfähle desselben von der bewegten Erde gefafst und nach beiden Seiten hin übergeschoben. Ein Fall dieser Art wiederholte sich an einer hohen Dammschüttung, über welche der Main-Donau-Canal geführt wurde.

Nach dem ursprünglichen Project sollte das sehr tiefe Thal des Distelbaches bei Burgthann, ohnfern des Städtchens Altdorf, durch einen Brückencanal überspannt werden. In dem damals veröffentlichen Project ist dieser Bau auch in der Seitenansicht und im Grundrifs dargestellt. Fünf Bögen, jeder von 50 Fufs Weite waren nach dem Entwurf auszuführen, und nach derselben Zeichnung liegt der Canal sehr genau 100 Fufs über dem Distelbach. Ehe man jedoch zur Ausführung dieses Bauwerks kam, hatte man schon die Ueberzeugung gewonnen, dafs die Anschlagssumme für den ganzen Canal weit überschritten werden würde, und indem man auf möglichste Ersparungen Bedacht zu nehmen sich gezwungen

sah, so meinte man, daſs der Uebergang über den Distelbach und eben so auch die Uebergänge über die Thäler des Kellerbachs und Grubenbachs hierzu Gelegenheit boten, wenn man statt der veranschlagten Brücken, Dammschüttungen wählte. Alle drei Bäche kreuzen die Scheitelstrecke des Canals, welche nahe 4 Meilen lang ist und alle Unebenheiten des Bodens zu beiden Seiten der Wasserscheide überschreitet. Die beiden letztbenannten Thäler sind etwas weniger tief, als das des Distelbachs, nichts desto weniger erforderten auch sie hohe Dammschüttungen. Das Material zu diesen Dämmen lieferten die Einschnitte, die hier vielfach vorkamen, und die, wenn auch weniger tief, doch der Länge nach viel ausgedehnter, als die Dämme waren. Der gewonnene Boden bestand aber aus einem weichen Kalkstein, zur Formation des Keupers gehörig, der beim Brechen noch einige Festigkeit hatte, oft sogar nur mühsam gelöst werden konnte, der aber an der Luft in feine Blättchen oder Schuppen zerfiel, die beim Zutritt von Wasser dieses einsogen und sich in eine breiartige Masse verwandelten.

Dieses war das Material, woraus man die 100 Fuſs hohen Dämme schüttete, die den Canal tragen sollten. Bei der Schüttung selbst wurde wieder der Kostenpunkt berücksichtigt, und in gleicher Art, wie bei Eisenbahn-Anlagen, das Material auf provisorischen Bahnen angefahren und von der Krone aus verstürzt. Alle drei Dämme waren auf solche Weise im Jahr 1841 dargestellt. Im folgenden Jahr, als ich sie sah, und der Canal contractlich der Schiffahrt eröffnet werden sollte, war ihr Zustand höchst bedenklich.

Sie hatten starke Bewegungen gemacht, sich sehr gesetzt und in den obern Theilen ihre Dossirungen verloren, während unten die Schlammmassen etwa 50 Fuſs breit vor den Fuſs der Schüttung über die Thalsohle gequollen waren. Einzelne Häuser im Dorf Burgthann standen in augenscheinlicher Gefahr, von der noch keineswegs zum Stehn gekommenen Masse erreicht und verschüttet zu werden. Der massive Durchlaſs, der den Distelbach abführt, war auf einen Pfahlrost gegründet. Seine lichte Höhe betrug 6 Fuſs und seine Breite 8 Fuſs, indem man darin noch einen Fuſspfad angelegt hatte. Seine Länge maaſs etwa 500 Fuſs und an jeder Seite schloſs ihn ein starkes Mauerwerk mit Flügeln ein. Dieser Durchlaſs war in der Mitte auseinander gerissen, so daſs eine 9 Zoll weite Fuge sich quer hindurchzog. Aus Besorgniſs, daſs

die Fuge sich noch mehr erweitern und die Erdmasse in den Durchlafs dringen und denselben verstopfen möchte, hatte man der Länge nach ein Anker aus zusammengeschrobenen starken Eisenstangen hindurchgezogen, das die beiden gegenüberstehenden Stirnmauern verband. Dieser Anker hatte sich unter dem zunehmenden Druck so scharf gespannt, dafs er beim Aufschlagen wie eine Saite vibrirte.

Die Schüttungen in den Thälern des Keller- und Grubenbachs waren wegen der geringern Höhe weniger verwüstet und man machte den Anfang, sie wieder zu reguliren und das Canalbette darin vorzurichten. Man überzeugte sich indessen, dafs in der letzten Beziehung von dem ursprünglichen Project abgegangen werden müsse, denn bei dem erfolgten Setzen des Dammes und beim Absinken des obern Theils der Dossirungen hätte man sehr bedeutende Schüttungen noch aufbringen müssen, um das frühere Profil wieder herzustellen. Um dieses zum Theil wenigstens zu vermeiden, entschlofs man sich, den Canal auf dem Damme bis auf 24 Fufs zu verengen und ihn mit senkrechten hölzernen Wänden einzufassen. Man hatte daher Rammen aufgestellt, und trieb Bohlwerkspfähle ein. Wenn diese auch anfangs bei der fortgesetzten Bewegung der Dämme noch überwichen, so lagerte sich doch endlich die ganze Masse fester ab, und indem man auch für möglichste Dichtung des Canalbettes sorgte, konnte nach einigen Jahren das Wasser eingelassen und die Schiffahrt eröffnet werden.

§. 88.

Dichtung der Canäle.

Obwohl die Ausführungen beim Dichten der Canäle nur in einer Vervollständigung der Erdarbeiten bestehn, also wesentlich zu diesen gehören, so schien es bei ihrer grofsen Wichtigkeit doch nothwendig, sie besonders und im Zusammenhang zu behandeln. Bereits oben (§. 85) sind manche Vorsichtsmaafsregeln bezeichnet, die hierauf Bezug haben, und schon bei Gelegenheit der Filtration wurde mitgetheilt, welche aufserordentliche Wasserverluste in manchen Canalstrecken vorkommen, wodurch nicht nur die Schiffahrt gestört, sondern auch die Umgebungen versumpft und in andrer Weise geschädigt werden.

Es ergiebt sich hieraus, wie wichtig es ist, Mittel zu besitzen, wodurch man solchen Uebelständen sicher vorbeugen und das Wasser zurückhalten kann. Dergleichen giebt es verschiedene, die im Wesentlichen auf eine kleine Anzahl sich reduciren, wobei aber doch manche Verschiedenheiten vorkommen, die nicht ohne Bedeutung sind. In einzelnen Fällen zeigt sich das eine Verfahren, in andern ein anderes vortheilhafter, während das erste entweder erfolglos oder zu kostspielig ist. Die verschiedenartige Beschaffenheit des Untergrundes ist augenscheinlich die wichtigste Rücksicht, die man bei der Wahl der Mittel zu beachten hat, indem sie aber auch auf die Filtration den wesentlichsten Einfluſs ausübt, so kann man oft aus der letztern auf die Bodenbeschaffenheit schlieſsen, und durch Beobachtung des Wasserverlustes schon zu der Ueberzeugung gelangen, daſs an einer Stelle vielleicht ein einfaches Verfahren genügt, während an einer andern kräftigere Mittel angewendet werden müssen.

Oft giebt der bloſse Augenschein schon Gelegenheit, die undichtesten Stellen zu erkennen. Wenn sehr starke Wasseradern aus einzelnen Punkten austreten, so zeigt dieses der Wasserspiegel an, indem er über der Oeffnung, welche die groſsen Massen verschluckt, eine Einsenkung, oder diejenige Erscheinung bemerken läſst, die man gemeinhin einen Trichter nennt. Das Wasser darüber fängt nämlich an zu wirbeln, oder sich im Kreise zu drehn, und in Folge der Centrifugalkraft oder des Trägheitsmoments entfernt es sich von der Drehungsachse, woher in dieser an der Oberfläche eine Einsenkung entsteht. Es muſs allerdings die Ausfluſsöffnung schon sehr groſs sein, wenn diese Einsenkung namentlich bei dem gewöhnlichen Wasserstande von 3 bis 5 Fuſs bemerkbar sein soll. Wenn dagegen das Wasser sehr klar ist, so kann man zuweilen aus den Bewegungen der Sandkörnchen über dem Grunde schon auf die Lage der Adern schlieſsen. Erfolgreicher pflegt in den Fällen, wo der Wasserspiegel über dem umgebenden Terrain liegt, die nähere Untersuchung des letztern zu sein. Wo dasselbe besonders feucht und naſs ist, liegen auch die stärksten Abzugsadern im Canal, und es geschieht sogar, daſs diese als flieſsende Quellen am Fuſs des Dammes austreten. Nichts desto weniger wird auch dieses Mittel zur Auffindung der undichten Stellen erfolglos, wenn der Untergrund kiesig und der Stand des Grundwassers in dem-

selben sehr tief ist. Alsdann ist das austretende Wasser, und wenn es auch noch so reichlich fliefsen sollte, gar nicht zu bemerken.

Die sicherste Methode zur Ermittelung der Stärke der Filtration an einzelnen Stellen ist die unmittelbare Beobachtung des Wasserstandes. Wenn dazu auch manche Vorkehrungen erforderlich sind, so sind die Kosten derselben doch nicht so grofs, als wenn man die kräftigsten Methoden der Dichtung weiter ausdehnt, als nöthig ist. Zuerst untersucht man, ob eine Canalstrecke zwischen zwei Schleusen besonders stark das Wasser verliert. Dieses läfst sich, wenn der Canal auch nur probeweise gefüllt wird, an dem starken Sinken des Wasserstandes, während die Schleusenthore und Schütze geschlossen gehalten werden, leicht erkennen. Die Untersuchung darf aber nicht hierauf beschränkt werden, denn in den meisten Fällen ist die Canalstrecke nicht in ihrer ganzen Ausdehnung in gleichem Maafse undicht, vielleicht ist sogar nur ein kleiner Theil in ihr mit vielen und kräftigen Adern versehn, während sie im übrigen Theile das Wasser zurückhält. Man kann, wenn der Augenschein oder die sonstige Kenntnifs von der Beschaffenheit des Untergrundes hierüber kein Urtheil gestattet, nur durch Zerlegung der Strecke in mehrere Abtheilungen zu einem sichern Resultat gelangen. Man legt zu diesem Zweck verschiedene Fangedämme durch den Canal, und bringt in allen gewisse Vorrichtungen an, wodurch die Verbindungs-Oeffnungen schnell geschlossen werden können. Während letztere sämmtlich noch frei sind, beobachtet man den Wasserstand in allen Abtheilungen, und überzeugt sich, dafs er bei dauerndem Zufluſs sich als Beharrungsstand darstellt. Die Stärke der Durchströmung durch diese Oeffnungen läfst schon ungefähr auf die Dichtichkeit der einzelnen Abtheilungen schliefsen, doch sicherer wird das Urtheil, wenn man alsdann gleichzeitig alle Oeffnungen sperrt, und nunmehr an den einzelnen Pegeln das Sinken des Wassers in gewissen Zwischenzeiten beobachtet. Erfolgt dieses ziemlich gleichmäfsig in allen Abtheilungen, so ist es ein Zeichen, dafs die Stärke der Filtration in der ganzen Haltung gleich grofs ist und nirgend besonders kräftige Abflüsse stattfinden. Man wird daher die Dichtung auf die ganze Canalstrecke auszudehnen haben. Hätte man dagegen gefunden, dafs eine Abtheilung das Wasser sehr schnell verliert, während die

andern keine Verluste zeigen, so wüfste man, dafs in jener die starken Wasseradern liegen, und man könnte alsdann, um ihre Lage noch genauer zu ermitteln, jene Abtheilung wieder in gleicher Weise in Unterabtheilungen zerlegen. Wie wichtig diese Untersuchung ist, ergiebt sich daraus, dafs das Verfahren zur Beiseitigung der Filtration ein wesentlich verschiedenes sein mufs, wenn starke Adern an einer einzelnen Stelle liegen, oder wenn der Boden überall gleichmäfsig das Wasser hindurchdringen läfst.

Unter den Methoden zum Dichten ist zunächst diejenige zu erwähnen, welche man schon in frühern Zeiten oft angewendet, und die zuweilen auch günstige Resultate gegeben hat. Sie besteht in der Zuführung von trübem Wasser. Man gewinnt dieses am einfachsten, wenn man die Bäche oder Flüsse zur Zeit ihrer Anschwellung eintreten läfst. Die oben (§ 84) erwähnten Vorsichtsmaafsregeln, wonach alle erdigen Massen abgehalten werden sollen, können in solchem Fall keine Anwendung finden, und eine natürliche Folge hiervon ist es wieder, dafs dem Canal grosse Sand- und Erdmassen zugeführt werden, die sich an einer Stelle mehr, als an der andern ablagern, und die man durch künstliche Räumungen wieder beseitigen mufs, wenn nicht die entstandenen Untiefen die Schiffahrt hemmen sollen. Bei diesen Räumungen kann leicht die beim Einlassen des trüben Wassers wirklich erzielte Dichtung wieder aufgehoben werden. Um dieses möglichst zu verhindern, pflegt man freilich den Canal ursprünglich etwas tiefer zu machen, als er später erhalten werden soll. Da diese Mehrtiefe aber doch höchstens einen halben Fufs beträgt, so ist dadurch die angeregte Besorgnifs keineswegs aufgehoben. Es ergiebt sich hieraus, dafs das Einlassen des trüben Wassers grofse Nachtheile mit sich führt, während es keineswegs von ganz sicherm Erfolg ist. Dafs die Speisegräben mancher Französischen Canäle schon seit Jahrhunderten in dieser Weise behandelt sind, ohne dafs die grofsen Wasserverluste dadurch aufgehoben wären, ist bereits früher erwähnt.

Nichts desto weniger hat diese Methode dennoch bei manchen ältern Canälen nach und nach zu dem beabsichtigten Ziel geführt. Sehr wichtig sind aber die Versuche, die an dem Rhein-Rhone-Canal hierüber angestellt wurden. Die Strecke von Hüningen abwärts bis Strafsburg war hierzu vorzugsweise geeignet, indem sie

in dem groben Kieslager, welches das Rheinthal anfüllt, eingeschnitten ist, und daher übermäfsige Verluste durch Filtration erleidet, während sie andrerseits vom Rhein gespeist wird, und man zur Zeit der Anschwellungen desselben auch übergrofse Massen trüben Wassers hineinleiten kann. Man liefs, nachdem alle Schleusen geöffnet waren, bei Hüningen etwa 200 Cubikfufs Wasser in der Secunde dem Canal zuströmen. Die hierdurch veranlafste Trübung war aber nur etwa eine Meile weit zu bemerken, denn die Filtration war so stark, dafs dieser Zufluſs bald verschwand, und weiter abwärts die Strömung ganz aufhörte. Man änderte nunmehr die Mündung des Stichcanals bei Hüningen, sowie auch die daselbst befindliche Schleuse in der Art ab, dafs die eingeführte trübe Wassermenge auf nahe 500 Cubikfufs in der Secunde sich steigerte. Diese erreichte allerdings den Ill bei Strafsburg, aber bei jedem Versuch dieser Art brachen die Canaldämme bald hier und bald dort, und der Erfolg der Dichtung war dennoch so geringfügig, dafs man sich nach einigen Jahren von der gänzlichen Unzulänglichkeit dieses Mittels überzeugte und zu andern Methoden überging*).

Dieselbe Erfahrung machte man auch später auf dem Marne-Rhein-Canal, wo in den Thälern des Ornain und der Meholle der Untergrund aus grobem Kies und zerklüftetem Kalk bestand. Das hinzugeführte trübe Wasser veranlafste ohnfern seines Eintritts starke Verflachungen, während es in weiterer Entfernung gar keine Wirkung ausübte**).

Sehr nahe verwandt mit dem so eben beschriebenen ist dasjenige Verfahren, wonach das trübe Wasser künstlich dargestellt, oder reines Wasser durch einen Zusatz von fettem Thon oder Lehm getrübt wird. Man kann diese Operation entweder in gewissen Seiten-Bassins vornehmen, und die zubereitete Flüssigkeit in den Canal treten lassen, oder man kann auch im Canal selbst den erdigen Zusatz mit dem Wasser vermengen. Am Main-Donau-Canal hatte man hierüber vielfache Versuche gemacht, die

*) *Le Grom, sur les étanchements du canal du Rhône au Rhin, Annales des ponts et chaussées.* 1845, I. pag. 225.

**) *Malézieux, étanchement du canal de la Marne au Rhin. Annales des ponts et chaussées.* 1856. I. pag. 133. Auf dieses, wie auf das Mémoire von *Le Grom*, wird im Folgenden vielfach Bezug genommen.

auch zu günstigen Resultaten geführt haben. Namentlich zeigten sich solche, wenn der Wasserstand im Canal recht niedrig gehalten wurde, also der Druck nicht stark war. Alsdann hafteten die erdigen Theilchen, die mit dem Wasser in die feinen Zwischenräume eindrangen, in diesen und verstopften sie. Wenn dagegen dieselben Theilchen unter starkem Druck eindrangen, so wurden sie heftiger herabgetrieben und vollständig hindurchgestofsen. Man hatte bemerkt, dafs bei diesem Verfahren, und zwar wenn sehr feiner Thon angewendet wurde, der lange in dem Wasser schwebte, derselbe in den reinen und feinen Sand 6 Zoll tief eindrang und eine befriedigende Dichtung veranlafste. Die Zubereitung solcher Flüssigkeit verursachte aber grofse Schwierigkeiten. Es bedurfte nicht nur der Anlage eines geräumigen Bassins neben dem Canal und in angemessener Höhe, sondern es mufste auch ein Bach hineingeleitet werden, der es anfüllte. Auch konnten diese Bassins nicht so grofs sein, dafs sie zur Dichtung längerer Strecken genügt hätten. Dazu kam aber noch, dafs auch aus diesem künstlich getrübten Wasser die erdigen Theilchen schon in geringer Entfernung niederschlugen, also auch aus diesem Grunde die Wirkung sehr beschränkt blieb.

Will man demnach längere Strecken durch beigemengten Thon dichten, so bleibt nur übrig, die Mischung im Canal selbst vorzunehmen, was in Frankreich vielfach, jedoch mit wenig Erfolg geschehn ist.

Beim Rhein-Rhone-Canal versuchte man, um die Böschungen der Dämme zu dichten, den Thon recht fein zertheilt in das Wasser zu werfen, und da er sich mit demselben nicht genügend vermengte, so bildete man hinter einander schwache Thondämme, wie kleine Wehre, von denen einer nach dem andern beim Einlassen des Wassers überströmt und durchbrochen wurde. Das Wasser trübte sich dabei allerdings, aber vergleichungsweise gegen die grofse Menge des eingebrachten Thons war der Erfolg ganz ungenügend, und man überzeugte sich bald, dafs das trübe Wasser überhaupt nur wirksam ist, wenn es sich um Schliefsung sehr feiner Adern handelt, dafs man aber in so porösem Untergrunde, wie dort, damit nichts erreicht.

Auch beim Marne-Rhein-Canal hat das Einschütten des feinen Thons keinen Erfolg gehabt. Derselbe fiel an den Stellen, wo

man ihn hineinwarf, zu Boden und veranlafste Verflachungen, während die beabsichtigte Wirkung kaum bemerkbar war.

Am Main-Donau-Canal hat man die Vermengung des Thons mit dem Wasser, und zwar im Canal selbst, mechanisch bewirkt, und dieses ist das Verfahren, das Pechmann unbedingt empfiehlt*). Zum Theil mufste der Thon eingeworfen werden, zum Theil war aber die Sohle schon in natürlichen Thonlagern ausgehoben, und es kam in beiden Fällen nur darauf an, die nöthigen Bewegungen hervorzubringen, damit die feinen Erdtheilchen sich lösten und sich im Wasser verbreiteten. Man fand dazu am geeignetesten die Anwendung einer Egge, wie solche auf gepflügten Aeckern zum Zerkleinern der Schollen und zum Ebnen der Oberfläche benutzt wird. Man spannte auf jedem Leinpfade ein Pferd davor, und bewegte die Egge in der Längenrichtung des Canals hin und her. Zuweilen liefs man sie auch nur von dem einen Ufer aus ziehn, während am andern ein Arbeiter sie an einer zweiten Leine anzog, damit sie nicht das Ufer streifen und die Dossirung beschädigen möchte.

Es ist bisher nur von der Anwendung des Thons die Rede gewesen, während zu diesem Zweck auch andere Erdarten sich eignen, und namentlich der Sand vielleicht noch vortheilhafter ist, da er sich nicht so fein zertheilt, also sicherer und leichter die Wasseradern, wenn auch nicht ganz sperrt, doch sehr verengt. Die Erfolge bei Anwendung desselben sollen besonders in dem Canal von Bourgogne überraschend gewesen sein**), woselbst augenblicklich die Adern gestopft wurden, und einzelne Strecken, in denen der Wasserstand bisher in der Stunde sich um 2 Zoll gesenkt hatte, plötzlich keinen Verlust mehr erfuhren. Das Verfahren bestand darin, dafs man ein Boot mit recht feinem, ziemlich trocknem Sand belud, und damit über die Stelle des mit Wasser gefüllten Canals fuhr, die gedichtet werden sollte. Es kam darauf an, den Sand möglichst fein zertheilt über die Oberfläche des Wassers auszubreiten, damit die Körnchen einzeln langsam herabsinken, und von der Strömung gefafst und in die Adern gezogen

*) Pechmann hat hierüber verschiedene Mittheilungen bekannt gemacht, unter andern in der Wiener Bauzeitung 1840. Seite 375.

**) *Fèvre, sur l'étanchement des Canaux. Annales des ponts et chaussées.* 1832. I. pag. 398.

werden konnten. Man streute ihn daher, etwa wie beim Säen des Getreides geschieht, aus, wozu man auch einer geeigneten Schaufel sich bediente. Wäre er in grössern Klumpen in das Wasser geworfen, so würden solche, da sie verhältnifsmäfsig weit geringeren Widerstand erfahren, schneller herabgesunken und auf den Boden gefallen sein, ohne von der Strömung gefafst zu werden.

Auch auf dem Caledonischen Canal wurde dasselbe Mittel mit gutem Erfolg angewendet, doch wich man hier in sofern davon ab, als man nicht reinen Sand, sondern ein Gemenge von Sand und etwas Thon benutzte, das gleichfalls fein zertheilt ins Wasser geworfen wurde*). Bei dem Rhein-Rhone-Canal hat man, nachdem durch andre Mittel die Filtration grofsentheils beseitigt war, zum Stopfen der feinen noch vorhandenen Adern ein Gemenge von Thon und Sand, und zwar beide in gleichen Theilen, angewendet. Man hatte dieses Gemenge vorher in mäfsiger Wärme vollständig austrocknen lassen, wobei es in kleine Klümpchen zerfiel. In diesem Zustande wurde es hinabgeworfen, und es soll durch das Aufquellen beim Nafswerden um so sicherer die kleinen Oeffnungen geschlossen haben. Auch auf dem Marne-Rhein-Canal gelang es an solchen Stellen, wo die Filtration nur mäfsig war, durch eingestreuten ziemlich trocknen, reinen Sand die Adern zu sperren. Das Verfahren war dasselbe, wie beim Canal von Bourgogne, und wenn die Schüttung mehrfach wiederholt war, so zeigten sich die Haltungen als genügend wasserdicht.

Wesentlich verschieden hiervon ist die Methode, sowohl die Sohle des Canals, als auch soweit es nöthig ist, die Dossirungen desselben mit einem Thonschlage zu versehn. Ohne Zweifel ist dieses Verfahren sicherer und erfolgreicher, als jenes, wobei der Thon frei herabgeworfen wird. Nichts desto weniger erfordert auch dieses grofse Vorsicht, wenn es seinen Zweck erfüllen soll.

Zunächst entsteht die Frage, ob man ganz reinen Thon anwenden, oder denselben mit Sand versetzen soll. Das Letzte dürfte den Vorzug verdienen, weil alsdann beim Trockenlegen des Canals weniger die Bildung der Risse und bei der Benetzung weniger ein vollständiges Aufweichen zu besorgen ist. Die Frage stimmt zum Theil mit der bereits früher angeregten überein, näm-

*) *Histoire des travaux du Canal Calédonien par St. Flachat.* Paris 1828.

lich welches Material sich am besten zur Füllung eines Fangedammes eignet, und eben so wie dort einer stark mit Sand versetzten Erde, oder einer gewöhnlichen Ackererde der Vorzug gegeben wurde, so ist auch keineswegs ein besonders fetter Thon zu der Ausfütterung eines Canalbettes am meisten geeignet, vielmehr verdient die fruchtbare Ackererde den Vorzug.

Beim Aufbringen dieser Erd- oder Thonschichten verfährt man wieder in verschiedener Weise. Gar zu grofse Massen auf einmal aufzuschütten, ist gewifs nicht angemessen, man bringt vielmehr dünne Schichten, oder Schaalen nach einander auf. Jede derselben mufs mit der vorhergehenden möglichst innig verbunden werden. Dieses ist leichter, wenn beide nafs, als wenn sie trocken sind. Wird aber der Thon sehr nafs aufgebracht, so reifst er beim spätern Trocknen, sobald er der Luft ausgesetzt ist, und verliert dabei seine Dichtigkeit. Verhindert man dagegen sein Austrocknen, und füllt unmittelbar darauf die Canalstrecke mit Wasser an, so giebt die grofse Masse Feuchtigkeit, die er noch enthält, wieder Veranlassung, dafs er eine breiartige Beschaffenheit annimmt. Dieses geschah auf einer sehr undichten Strecke des Canals von St. Quentin. Die Haltung hatte vorher so viel Wasser verloren, dafs der Spiegel an jedem Tage sich nahe um 4 Fufs senkte. Man gab hier dem Thonschlage, um des Erfolgs sicher zu sein, die Stärke von 5 Fufs, und zwar eben sowohl auf den Dossirungen wie auf der Sohle. Der Erfolg war auch sehr bedeutend, denn der tägliche Wasserverlust verminderte sich bis auf $2\frac{1}{2}$ Zoll. Dieser günstige Zustand dauerte aber nicht lange, und nach wenig Monaten betrug der Verlust wieder über einen Fufs.

Nach der andern Methode wird der Thon oder die Erde ziemlich steif in Schichten von 2 bis 3 Zoll Stärke aufgebracht, und man treibt diese mit schweren Schlägeln an. Bevor aber eine neue Lage darüber geworfen wird, befeuchtet man die untere, und hierzu soll die Anwendung von Kalkwasser besonders nützlich sein. In dieser Weise war eine Stelle des Canals du Centre, wo die Verluste durch Filtration besonders stark waren, behandelt worden. Die Höhe der Decke über der Sohle maafs 2 Fufs, und über den Dossirungen 3 Fufs. Auch hier zeigte sich Anfangs nur eine geringe Filtration, nachdem aber fünf Jahre verflossen, waren die Wasserverluste wieder eben so stark wie früher, und Minard ver-

muthet, dafs dieses von dem Austrocknen und der dabei erfolgenden Bildung vieler Spalten herrühre, während der Canal behufs der vorzunehmenden Reparaturen trocken gelegt war.

Beim Rhein-Rhone-Canal zeigte dieselbe Methode, die man Anfangs auch hier versucht hatte, gleichfalls keinen nachhaltigen Erfolg. Derselbe wurde indessen erreicht, als man dem Gemenge von Thon und Sand noch etwa den dritten Theil groben Kies zusetzte, und aufserdem die einzelnen Schichten mit dünn flüssigem Kalk begofs. Man hatte soviel Kalk dabei angewendet, dafs auf 80 Cubikfufs Erde etwa 1 Cubikfufs Kalkbrei kam. Die Stärke des Bettes maafs nur 1 Fufs, und dasselbe bestand aus 4 Lagen. In die obere Lage wurde noch, um die Wirkung der Schlägel recht erfolgreich zu machen, eine Art Pflaster von kleinen Steinchen angebracht, die indessen so weitläufig gesetzt waren, dafs sie sich nirgends unmittelbar berührten. Endlich wandte man noch die Vorsicht an, eine dünne Erdlage darüber zu schütten, damit der so vorbereitete Thonschlag nicht trocknen möchte. Diese Methode wurde nach vielfachen Versuchen etwa auf 15 Meilen Länge zur Ausführung gebracht. Nichts desto weniger schüttete man nach dem Einlassen des Wassers noch ein Gemenge von Thon und Sand darüber, um die feinen Adern vollends zu schliefsen. Sobald aber wegen nothwendiger Reparaturen die Strecken trocken gelegt werden mufsten, wurde jedesmal der Thonschlag auf Neue festgestampft und Erde darüber geworfen.

Vor dem Jahr 1832 oder ehe diese Dichtung ausgeführt war, verschluckte der Canal in der Secunde 234 Cubikfufs, oder jeder Quadratfufs seiner Sohle oder der benetzten Dossirungen täglich ungefähr drei Viertel Cubikfufs, wenn man annimmt, dafs die Undichtigkeit überall gleich grofs war. Nachdem aber der Thonschlag vollendet, verminderte sich der ganze Verlust in einer Secunde auf 33 Cubikfufs. Man bemerkte indessen, dafs die Filtration nach und nach sich wieder verstärkte, wozu vielleicht der Umstand beitrug, dafs der Wasserstand behufs Hebung der Schiffahrt von 3 auf 4½ Fufs erhöht wurde.

Wie in diesem Fall geschehn, hat man auch sonst dem Thon groben Kies zugesetzt. So benutzt man z. B. an dem Canal du Centre zu gleichem Zweck eine natürliche Ablagerung, die 30 Pro-

cent groben Kies, eben so viel feinen Sand und 40 Procent festen Thon enthält*). Auch in England wird den Thonwänden meist grober Kies zugesetzt. Es ist bereits darauf aufmerksam gemacht, dafs ein Thonbett beim Trocknen undicht wird, und indem bei der nächsten Füllung das Wasser die Fugen durchströmt und erweitert, so hört die Wirksamkeit auf, und stellt sich auch nicht wieder her. Wenn aber grofse Quantitäten Sand und Steine dem Thon zugesetzt sind, so tritt zwar in diesem noch die entsprechende Verminderung des Volums ein, aber sie ist vergleichungsweise zur ganzen Masse viel geringer, und der Querschnitt der sämmtlichen Fugen verkleinert sich gleichfalls. Dieser Umstand ist überaus vortheilhaft, denn durch die engen Fugen kann das Wasser nur langsam hindurch sickern, es greift daher die Wände nicht an und erweitert auch nicht die Gänge, die es verfolgt. Sobald aber die Masse wieder feucht wird, und der Thon quillt, so treten die Theilchen, die aus einander gerissen waren, wieder in vollständige Berührung, weil sie keinen Verlust erlitten haben, und die frühere Wasserdichtigkeit stellt sich wieder her. Vielleicht darf man sogar annehmen, dafs bei der starken Vertheilung des Thons derselbe an der Verminderung seines Volums in gewissem Grade verhindert wird, indem die Kraft, womit die einzelnen kleinen Klümpchen sich zusammen ziehn, nicht genügt, um bei der vielfachen Berührung mit andern Körpern den Bruch herbeizuführen.

Die in England zum Dichten der Canaldämme üblichen Thonwände oder Puddlewände stimmen mit der beschriebenen Methode insofern überein, als dabei nicht reiner Thon, sondern ein Gemenge von Thon, Sand und Kies benutzt wird. Ein wesentlicher Unterschied besteht aber darin, dafs die Masse nicht in ziemlich festem Zustande aufgebracht und durch Schlagen und Stampfen comprimirt wird, vielmehr ist sie vorher sehr stark mit Wasser versetzt, und bildet einen dickflüssigen Brei, der eben dadurch eine innige Verbindung aller Theile veranlafst. Dieser Brei würde freilich, wenn er der unmittelbaren Berührung des Wassers ausgesetzt wäre, sich leicht wieder erweichen und jedenfalls beim starken Austrocknen zerreifsen, aber eine Eigenthümlichkeit der

*) *Annales des ponts et chaussées.* 1847. I. p. 290.

Englichen Methode besteht noch darin, dafs der Puddle jederzeit zwischen festgestampften Erdschichten eingeschlossen und von denselben bedeckt wird.

Was die Wahl des hierbei zu verwendenden Materials betrifft, so wird allgemein anerkannt, dafs sehr fetter Thon hierzu nicht geeignet ist, vielmehr nur ein solcher benutzt werden darf, der stark mit Sand versetzt ist. Auch hält man die Beimengung von Ackererde nicht für nachtheilig, und wählt häufig eine solche, vorausgesetzt, dafs sie im angemessnen Verhältnifs Sand und Thon enthält. Um sich aber hiervon zu überzeugen, begnügt man sich damit, die Erde im Zustande der natürlichen Feuchtigkeit, oder auch wohl, nachdem man sie in einen dünnen Brei verwandelt hat, zwischen den Fingern zu reiben, und darnach die Brauchbarkeit des Gemenges und den etwa erforderlichen Zusatz zu beurtheilen. Es darf kaum erwähnt werden, dafs diese Probe ziemlich unsicher ist, wiewohl längere Uebung allerdings ihr einen gewissen Grad von Genauigkeit geben kann. Im Allgemeinen darf man wohl annehmen, dafs der Antheil an Sand stets gröfser, als der an reinem Thon sein mufs.

Die Zubereitung des Thonbreies, den man Puddle nennt, erfolgt in gleicher Weise, wie Mörtel angemacht wird. Indem man aber gemeinhin sehr grofse Massen gebraucht, so müssen die Vorbereitungen in entsprechender Weise getroffen sein. Die für geeignet erachtete Erde mit dem etwa erforderlichen Zusatz an Sand oder Thon wird auf einem hölzernen Boden, und zuweilen in einem hölzernen Kasten ausgebreitet, mit dem nöthigen Wasser übergossen und so lange durchgearbeitet, bis ein ganz gleichmäfsiger Brei gebildet ist. Will man Kies oder kleine Steine zusetzen, so geschieht dieses sogleich bei der Zubereitung des Gemenges, und unmittelbar darauf wird dasselbe in Handkarren verfahren und mit der Schippe so ausgeworfen, dafs die Lagen, die wegen des starken Wassergehalts sich innig verbinden, ungefähr gleich dick werden.

Kommt es darauf an, den Canal mit einer Puddlelage unter der Sohle zu versehn, wie Fig. 364 zeigt, so wird vorher das Bett und die Dossirungen bis zur Sohle dieser Schüttung vollständig vorbereitet, auch durch Abrammen gehörig gedichtet. Die Lage wird alsdann etwa in der Stärke von 8 Zoll aufgebracht. Eine zweite Lage kommt nicht früher darüber, als bis die erste etwas steif ge-

worden ist, und vielfach folgt noch eine dritte und vierte. Die ganze Stärke des Puddlebetts mifst nach Umständen 1½ bis 3 Fufs. Nachdem dasselbe einigermafsen abgetrocknet ist, bringt man wieder, wie die Figur zeigt, die Lagen gewöhnlicher Erde darüber, und befestigt diese durch Abrammen.

Wenn dagegen, wie in Fig. 365 dargestellt ist, die Canaldämme gegen Filtration gesichert werden sollen, so pflegt man mit den Puddlewänden bis in den gewachsenen Boden herabzugehn, so dafs sie noch einige Fufs tief darin eingreifen. Zu diesem Zweck hebt man, bevor die Anschüttung beginnt, einen Graben mit möglichst steilen Wänden aus, und füllt denselben mit der zubereiteten Masse in verschiedenen Lagen an. Alsdann beginnt man die Anschüttung zu beiden Seiten des Grabens, sorgt aber dafür, dafs in diesen die trockne Auftragerde nicht hineinfällt, weil dadurch der Zusammenhang der Thonwand unterbrochen, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung gegeben würde. Am passendsten dürfte es sein, zu beiden Seiten des Grabens Bretter aufzustellen, und gegenseitig abzusteifen. Sobald man aber eine Erdschicht aufgebracht hat, so wird die Thonwand eben so hoch durch eine Schicht von Puddle erhöht. Die Bretter, welche nunmehr entbehrlich sind, werden sogleich beseitigt, und die Erdschicht wird angerammt, wodurch ihr genauer Anschlufs an die Thonwand bewirkt wird. Auf diese Art bleibt die Thonwand stets in gleicher Höhe mit dem Erddamm. Dagegen verfährt man zuweilen auch in andrer Weise, indem man zuerst den Erddamm vollständig aufführt und nachdem die einzelnen Schichten wie gewöhnlich abgerammt worden, hebt man darin den Graben für die Thonwand aus, und um eine zu starke Verbreitung wegen der Böschungen zu verhindern, steift man ihn, so weit es nöthig ist, leicht ab, und füllt ihn dann wieder lagenweise mit dem Thonbrei an. Dieses Verfahren ist indessen wohl nur anwendbar, wenn der Canaldamm keine bedeutende Höhe hat. Die Figuren 368, 369 und 372 zeigen noch Thonwände von gröfsrer Stärke, zum Theil in den Abschlufsdämmen der Speise-Reservoire.

Noch verdient Erwähnung, dafs man bei dem Abschlufsdamm vor dem sogenannten Bann-Reservoir in der Nähe von Dublin auch Torf benutzt hat, um die Bildung von Wasseradern zu verhindern. Der Damm ist 45 Fufs hoch, und in der Mitte desselben befindet

sich eine Puddlewand, die unten 12, oben 8 Fuſs stark ist. Vor derselben, nämlich auf der dem Reservoir zugekehrten Seite befindet sich die Torfwand von 3 Fuſs Stärke. Sie besteht aus regelmäſsig gestochnen, sehr kleinen und ganz ausgetrockneten Torfstücken, die man vorsichtig verpackt und alsdann schichtenweise festgerammt hat. Der Zweck derselben ist, daſs sie beim Zutreten der Feuchtigkeit quellen und dadurch einen wasserdichten Schluſs bilden sollen.*) Daſs man bei demselben Damm den Torf auch als Unterlager für den Kies benutzt hat, worauf das Steinpflaster ausgeführt worden, ist bereits oben erwähnt (§. 85).

Wenn der Canal in einem klüftigen Felsboden ausgeführt ist, wobei die Wasserverluste sehr bedeutend zu sein pflegen, so ist die Anwendung eines Thonbetts von wenig Erfolg, weil dasselbe sich mit dem Untergrunde nicht verbindet. In diesem Fall ist es angemeſsner, eine vollständige Uebermaurung der Sohle vorzunehmen, wofür man jedoch gemeinhin eine Bétonschüttung wählt. Dieses Mittel wird auch angewendet, wenn sehr grober Kies den Untergrund bildet. An dem Rhein-Rhone-Canal hat man von diesem Mittel nur in den Fällen Gebrauch gemacht, wenn bei höherem Stande des Rheins das Grundwasser sich über den Horizont der Canalsohle erhebt, wo also bei der oben beschriebenen Dichtung zu besorgen war, daſs die Filtration in verkehrter Richtung, nämlich von unten nach oben eintreten und das Thonbette heben und zerbrechen könnte.

Diese Umstände machten bei der Ausführung des Bétonbettes groſse Vorsicht nothwendig. Wenn nämlich, nachdem der Béton geschüttet, aber noch nicht erhärtet war, ein hoher Wasserstand eintrat, so durchdrangen die Quellen den noch weichen Béton. Und selbst hiervon abgesehn, war zu besorgen, daſs bei jeder Aenderung des Grundwassers ein Druck von der einen oder der andern Seite entstehn, und zur Bildung von Wasseradern Veranlassung geben könnte. Um dieses zu verhindern, stellte man weit geöffnete Verbindungen zwischen dem Canal und dem Grundwasser dar, indem man Tonnen ohne Boden in die Canalsohle eingrub, deren obrer Rand mit der beabsichtigten Höhe des Bétonbettes übereinstimmte. Hierdurch konnte das Wasser im Canal sich mit

*) *Weale's quaterly Papers on Engineering.* Vol. IV. Part. I.

dem Grundwasser ins Niveau stellen, und nachdem der Béton schon einigermaafsen erhärtet war, und sonach ein schwächerer Druck nicht mehr nachtheilig wirken konnte, so schlofs man die Tonnen mit Klappen und füllte den Canal mit Wasser an. Traf es sich alsdann, dafs das Grundwasser in Folge der Fluthen des Rheins sich hob, und den Wasserstand im Canal übertraf, so schlugen die erwähnten Klappen auf, und der Druck gegen das Bétonbette verschwand, der dasselbe bei dessen grofser Breite und geringen Stärke hätte zerbrechen können.

Dieselben Methoden wurden auch, und zwar in gröfsrer Ausdehnung bei dem Marne-Rhein-Canal in Anwendung gebracht. Derselbe durchschneidet ein klüftiges Kalkgebirge, in welchem sich Spalten von 4 Zoll und mehr, zuweilen sogar von 19 Zoll Weite vorfanden. Diese wurden zunächst mit Béton gedichtet, und darüber auf der Sohle $7\frac{1}{2}$ Zoll starke, und auf den Dossirungen, so weit sie benetzt werden, etwas schwächere Bétonlagen ausgebreitet. Um aber die Fugen zu schliefsen, welche in diesen vielleicht beim Erhärten sich bildeten, verputzte man sie noch 9 Linien stark mit hydraulischem Mörtel. Auch wurden, wo es nöthig war, durch gemauerte Canäle die Verbindung mit dem Grundwasser dargestellt. Diese traten indessen nur in Wirksamkeit, wenn der Druck des letztern so stark wurde, dafs er die dicht unter dem Wasserspiegel in den Dossirungen befindlichen Klappen öffnete.

Eine der ersten Anwendungen des Bétons zu solchem Zweck wurde beim Bau des Canals St. Martin in Paris gemacht. Ohnerachtet man woher durch Bohrungen, und soweit es möglich war, auch durch sonstige Untersuchungen sich von der Beschaffenheit des Baugrundes die nöthige Kenntnifs zu verschaffen bemüht hatte, so ereignete sich bei der Ausführung dennoch ein ganz unerwarteter Fall, der die gröfste Vorsicht in Anspruch nahm und die Kosten sehr bedeutend vermehrte. Man war nämlich, obwohl man sich in den Ringmauern der Stadt befand, wo viele grofse und schwere Gebäude standen, an einen alten Gypsbruch gekommen, der seit Jahrhunderten ausgedehnte Galerien unter den jetzigen Strafsen und Häusern bildete. Beim Ausgraben des Canals entdeckte man plötzlich den leeren Raum in der Tiefe. Nachdem man durch Bohrungen, die nunmehr sehr zahlreich vorgenommen wurden, sich von der Lage der Galerien vollständige Kenntnifs

verschafft hatte, eröffnete man dieselben überall, wo sie leicht zugänglich waren, füllte sie mit dem gewonnenen Material an, mauerte alsdann die Oeffnungen zu, und überdeckte die Canalsohle mit einem Bétonbett von etwas über 1 Fuſs Stärke. Indem man jedoch mit Recht besorgte, daſs der Béton leiden könnte, wenn er bei den jährlich zu erwartenden Reparaturen trocken gelegt würde, so brachte man über dem Béton noch eine Erdschüttung an.

Eine solche Ueberdeckung des Bétonbettes mit Erde ist zur Sicherung desselben nothwendig und fehlt auch niemals. In den neuern Französischen Canälen macht man die Ueberschüttung 10 Zoll stark. Dieselbe liegt auf der horizontalen Sohle sehr sicher, von den Dossirungen fällt sie indessen leicht herab, woher man in der Kehle zwischen der Sohle und der Dossirung ein Prisma aus Béton vortreten läſst, dessen äuſsrer Rand bis zur Oberfläche der Erdschüttung reicht. Dieses Mittel ist namentlich beim Rhein-Rhone-Canal angewendet worden.

Es muſs hier noch erwähnt werden, daſs Canalstrecken, die mit einem Bétonbett auf der Sohle und mit Mauern zu beiden Seiten versehn sind, durch Filtration sehr wenig Wasser verlieren. Minard führt in dieser Beziehung eine Strecke des Canals du Centre als Beispiel an, in welcher der Wasserstand, wenn die Zuflüsse und Abflüsse von den angrenzenden Strecken abgeschlossen waren, nur von der Witterung abhing. Bei trockner und warmer Witterung senkte sich der Wasserspiegel, nach Maaſsgabe der Verdunstung, hob sich aber, sobald es regnete. Dieses Verhalten trat indessen nur ein, nachdem die Mauern angefeuchtet waren, was jedoch immer in sehr kurzer Zeit nach der Füllung geschah.

Endlich wäre zu erwähnen, daſs man sich in neuster Zeit auch des Asphalts zur Verhinderung der Filtration bedient. Dieses geschieht indessen nicht in den Canalstrecken, die im natürlichen Boden eingeschnitten, oder zwischen Dämmen darüber geführt sind, vielmehr allein in den Brückencanälen, also nur in dem Fall, wo die Sohle und die Seitenwände vollständige Mauern bilden.

§. 89.

Unterirdische Canalstrecken.

Wenn das Terrain über den Wasserspiegel des Canals sich immer mehr erhebt, so kommt man zu einer gewissen Grenze, von welcher ab es vortheilhafter ist, den Canal unterirdisch zu führen, als den tiefen Einschnitt noch weiter fortzusetzen. Wollte man diese Grenze nur nach der zu beseitigenden Erd- und Steinmasse bestimmen, so würde sie schon einer sehr mäfsigen Terrainhöhe entsprechen. Diese Ansicht bestätigt sich noch, wenn man die Gefahren berücksichtigt, denen die Böschungen der tiefern Einschnitte ausgesetzt sind, auch ist es häufig ein wesentlicher Vorzug, wenn die Oberfläche des Bodens unverändert in der bisherigen Art benutzt werden kann, während man sie in grofser Breite, namentlich für die beiderseitigen Dossirungen ankaufen und abgraben mufs, wenn man einen offnen Einschnitt darstellen will. Andrerseits treten aber auch der Anlage der unterirdischen Canalstrecke grofse Schwierigkeiten entgegen, die im Allgemeinen gröfser sind, und deren Ueberwindung sehr bedeutende Kosten veranlafst. Man pflegt daher Anhöhen bis 60 Fufs noch durch offne Einschnitte zu durchstechen, und häufig wählt man diese selbst bei noch gröfsrer Höhe.

Diese Schwierigkeiten beziehn sich theils auf den sehr beschränkten Raum, in welchem das Ausgraben der Erde, oder das Ausbrechen und selbst das Sprengen des Gesteins vorgenommen wird, und worin zugleich das Fortschaffen des gelösten Materials und das Ausschöpfen des Wassers erfolgen mufs. Demnächst findet man selten ein Gestein, welches so fest ist, dafs ein späteres Abbrechen und Abstürzen gröfsrer Massen nicht zu besorgen wäre, und welches daher keiner Bekleidung und Unterstützung bedürfte. Wenn diese aber nöthig wird, so verursacht deren Ausführung, oder die Ueberwölbung des Canals neue und sehr grofse Schwierigkeiten. Hierzu kommt, dafs man in ganz losem Gestein und in aufgeschwemmtem Boden schon während der Ausführung die Decke und die Wände sichern, und in einer Weise absteifen mufs, dafs die übrigen Arbeiten dadurch nicht verhindert und namentlich die

Erd- und Materialtransporte nicht unterbrochen werden. Wenn man vollends einen stark durchnäfsten Boden antrifft und bedeutende Quellen sich in den Stollen ergiefsen, so steigert sich die Verlegenheit oft übermäfsig, und es giebt Beispiele, dafs man aus diesem Grunde angefangene Arbeiten unbeendigt lassen und ganz aufgeben mufste. Jedenfalls hat aber der erleichterte Abflufs des Wassers aus dem Boden eine starke Senkung des Grundwassers zur Folge, welche auf die Nutzbarkeit der darüberliegenden Flächen einen höchst nachtheiligen Einflufs äufsern kann. Dieser Uebelstand tritt zwar auch bei offnen Einschnitten ein, doch nur in geringerem Maafse, weil die Flächen, die dabei leiden, seitwärts liegen, also entfernter sind und die Wirkung deshalb geringer wird. Durch die Ausführung der längern unterirdischen Strecke im Canal St. Quentin wurde das Grundwasser etwa 20 Fufs tief gesenkt und dadurch in nahe liegenden Dörfern nicht nur eine grofse Verlegenheit wegen der sehr erschwerten Beschaffung des Wassers herbeigeführt, sondern der Boden wurde auch so trocken, dafs seine Culturfähigkeit, die schon früher nur mäfsig war, fas ganz aufhörte.

Wenn aber die Schwierigkeiten der Ausführung überwunden, und der unterirdische Canal vollendet ist, so ist auch dessen Benutzung sehr unbequem und mit manchen Beschwerden verbunden. In vielen Fällen sind letztere sehr grofs und es treten sogar wirkliche Gefahren hinzu. Selbst kürzere Strecken etwa von 100 Ruthen Länge sind, sobald man aus dem vollen Tageslichte hineintritt, ganz dunkel. Menschen, wie Pferde, gehn daher auf dem Leinpfade viel unsichrer, als neben offnen Canälen, und doch erfordert der Zug der Schiffe daselbst eine gröfsere Anstrengung, weil man den Canal stark beengt, um dem Gewölbe oder auch der freitragenden Decke des natürlichen Felsbodens keine zu weite Spannung zu geben. Dabei träufelt fast immer die Erdfeuchtigkeit durch die Decke und das Gewölbe herab und macht den Leinpfad schlüpfrig. Ein heftiger Wind stellt sich darin oft, bald in der einen und bald in der andern Richtung ein, so dafs ein Licht nur in einer wohl verschlofsnen Laterne brennt. In der längern unterirdischen Strecke des Canals von St. Quentin war der Wind oft so heftig, dafs er die Schiffe zurücktrieb, und dieselben in einer Richtung nicht fortgeschafft werden konnten. Diesem Uebelstande

liefs sich nur dadurch vorbeugen, dafs man ein grofses hölzernes Thor einrichtete, welches an Gegengewichten hängend, von oben herabgelassen wird, während Schiffe den Canal befahren. Zum Vorbeifahren der Schiffe haben diese Strecken niemals die erforderliche Breite, woher man in einigen Canälen in England, die besonders viel benutzt werden, zwei unterirdische Strecken parallel neben einander eingerichtet hat. Endlich ist auch die feuchte und kalte Luft, besonders in heifsen Tagen, der Gesundheit nachtheilig, und das vielfache Echo macht jeden Zuruf des Schiffers an die Schiffszieher und die Schiffsknechte unverständlich.

Alle diese Umstände und besonders die Schwierigkeiten der Ausführung sind Veranlassung, dafs man allgemein bei Aufstellung von Canalprojecten sich bemüht, die unterirdischen Strecken, wenn es sein kann, ganz zu vermeiden, oder wenn dieses gar zu kostbar ist, ihre Ausdehnung auf das geringste Maafs zu beschränken,

Bei Bestimmung des Profils für eine unterirdische Strecke mufs man vorzugsweise darauf Bedacht nehmen, die Weite derselben möglichst zu ermäfsigen, ohne jedoch den Durchgang der Schiffe zu sehr zu erschweren oder gar zu unbequem zu machen. Bei einem tiefen Einschnitt werden die Kosten nur in geringem Maafse gesteigert, wenn man den Canal selbst, oder die Leinpfade etwas verbreitet. Sie sind nicht dieser Verbreitung proportional, weil die Darstellung der beiderseitigen Dossirungen, die von der Breite ganz unabhängig sind, überwiegenden Einfluſs auf die Kosten der ganzen Ausgrabung haben. Bei einer unterirdischen Canalstrecke dagegen vermehrt sich die Masse des auszubrechenden Materials nur für den untern Theil des Profils im Verhältnifs zur Breite, für den obern Theil dagegen, der durch eine gewisse Kurve begrenzt wird, ist dieselbe dem Quadrat der Breite proportional. Die zu fördernde Erd- oder Steinmasse entspricht aber wieder nicht den ganzen Anlagekosten, weil die Beseitigung jener und besonders die Sicherung der Decke und Seitenwände um so schwieriger wird, wenn die Breite gröfser ist.

Aus diesem Grunde beschränkt man das eigentliche Canalbette jedesmal so weit, dafs nur ein Schiff darin fahren kann, also ein Begegnen zweier Schiffe in der unterirdischen Strecke nicht stattfinden darf. Nichts desto weniger ist es nicht zulässig, diese Be-

schränkung so weit zu treiben, dafs der eintauchende Theil des beladnen Schiffs beinahe das ganze Profil sperrt, weil sonst der Widerstand übermäfsig grofs werden würde. Man pflegt daher die Breite des Canals um den vierten bis dritten Theil gröfser anzunehmen, als die der Schiffe, so dafs auf jeder Seite zwischen dem Bord des Schiffs und der Canalwand noch ein Raum von 2 bis 3 Fufs Breite frei bleibt. Diese Vermehrung der Breite läfst sich aber zum Theil wieder dadurch aufheben, dafs man die Leinpfade überkragt, wie am Marne-Rhein-Canal geschehn ist. Die Figuren 375 und 376 auf Taf. LIV zeigen das für diesen Canal in den unterirdischen Strecken gewählte Profil.

Im Canal Saint-Quentin hat man in andrer Weise das Profil zu vergröfsern gesucht. In dem kleinern Souterrain ruhen nämlich die Leinpfade zu beiden Seiten auf Pfeilern von 18 Zoll Stärke, die übereinstimmend mit den Leinpfaden 4 Fufs weit vorspringen. Ueber dieselben sind flache Bogen gespannt, welche die Leinpfade bilden. Ihr gegenseitiger Abstand mifst 22 Fufs. Obwohl die Seitenwände des Canalbetts bis zur Höhe der Leinpfade stark geböscht sind, so bleiben zwischen diesen Pfeilern doch bedeutende mit Wasser angefüllte Räume oder Nischen, die, wenn sie unter sich auch nicht in Verbindung stehn, dennoch die Circulation des Wassers während des Durchgangs eines Schiffs etwas erleichtern.

Anders verhält es sich mit dem gröfsern, drei Viertel deutsche Meilen langen Souterrain desselben Canals, das in einem sehr rohen Zustande, und eigentlich ganz unfertig der Schiffahrt übergeben, und erst 20 Jahre später einigermaafsen vollendet wurde. Das Bette ist darin nur 16½ Fufs breit, es ist ungefähr auf die Weite der Schleusenhäupter beschränkt. Zu jeder Seite liegt ein 4,4 Fufs breiter Leinpfad. Diese waren, als ich sie 1823 sah, weder zur Seite mit Geländern versehn, noch mit festen Steinen abgedeckt, sie bestanden vielmehr nur aus dem natürlichen Kreidefelsen, den man zu diesem Zweck hatte stehn lassen, und der Theils stark ausgebrochen, und zwar grofsentheils nach dem Canal geneigt, und Theils von dem darauf tröpfelnden Wasser sehr schlüpfrig war. Das Begehn desselben war bei der vollkommnen Dunkelheit überaus gefährlich. Um den Widerstand der hindurchgehenden Schiffe zu mäfsigen, und dem Wasser Gelegenheit zum Vorbeifliefsen zu geben, hatte man in der Sohle eine 4 Fufs tiefe Rinne eingesprengt,

deren Breite etwa 10 Fuſs betrug. Dieselbe hatte ursprünglich den Zweck, die starken Quellen abzuleiten, die man während der Ausführung antraf, und die auf der horizontalen Sohle nicht abflossen. Man gab der letztern daher nach beiden Enden ein stärkeres Gefälle, und hieraus bildete sich dieser Graben. Später wollte man, wie bei manchen Englischen Canälen geschehn, das Profil dadurch erweitern, daſs die massiven Leinpfade beseitigt und dafür Ueberbrückungen, auf Pfeilern ausgeführt wurden. Diese Verbesserung war indessen so kostbar, daſs man nach den ersten Versuchen davon wieder abstand.

Bei dieser längern Strecke trat noch ein andrer Uebelstand ein. Während des Winters fror nämlich die Kreide über dem Canal stark aus und stürzte in groſsen Massen herab, woher man sich gezwungen sah, die Schachte, durch welche beim Bau des Canals das gelöste Gestein ausgehoben war, und die später als Licht- und Luftschachte dienen sollten, vollständig zu schlieſsen, so daſs die 1505 Ruthen lange Strecke nur an beiden Enden mit der äuſsern Luft in Verbindung blieb. Bei eintretendem Frost werden aber auch diese Oeffnungen durch Thore geschlossen, um die kalte Luft nicht eindringen zu lassen.

Dieser Uebelstände unerachtet fand hier dennoch eine frequente Schiffahrt statt, die sich vorzugsweise auf die Zufuhr belgischer Kohlen bezog. Die Schiffe, welche 200 Tons luden, waren nur 14 Fuſs breit und gingen wenig über 4 Fuſs tief, während der Wasserstand 5 Fuſs 3 Zoll maals. Sie lieſsen also reichlichen Raum für das zurückflieſsende Wasser. Eine besondere Innung von Treidlern brachte die Schiffe einzeln durch die Strecke hindurch, wobei die Seitenwände beider Leinpfade benutzt wurden. Der Durchgang erfolgte in 6 bis 7 Stunden.

Als die Eisenbahnen hier eröffnet wurden, ging bald ein groſser Theil der Kohlen auf diese über, und um den Canal nicht ganz unbenutzt zu lassen, wurde die Schiffahrt wesentlich verändert. Die Schiffe muſsten nahe um 1 Fuſs tiefer befrachtet werden, während auch der Wasserstand auf 6 Fuſs 4 Zoll erhöht wurde. Auch gab man den Schiffen eine gröſsere Breite, nämlich von 16 Fuſs, woher an beiden Seiten nur 3 Zoll Spielraum blieben, also die Schiffe beinahe das ganze Profil einnahmen. Sie luden nunmehr 275 Tons. Hierzu kam noch, daſs ein Begegnen in der

Strecke unmöglich war, die Schiffe also an gewissen Stunden in einer Richtung, und dann wieder in der entgegengesetzten fahren mufsten. Vor dem Eingange sammelten sich daher zahlreiche Schiffe an, und man versuchte nun, bis zehn Schiffe unmittelbar hinter einander durch zu ziehn, um die kurze Durchgangszeit möglichst zu benutzen. Dabei trat eine eigenthümliche Bewegung im Wasser ein. Dasselbe hob sich nämlich vor den Schiffen sehr merklich und zwar bis ans andre Ende der beengten Strecke. Sobald die Fluthwelle hier angelangt war, ging sie wieder zurück, und verursachte alsdann eine so heftige Rückströmung, dafs die Schiffe nicht mehr fortgezogen und kaum noch gehalten werden konnten. Es trat also eine Pause ein, die so lange ausgedehnt werden mufste, bis die Rückströmung aufgehört hatte. Die Durchführung der Schiffe dauerte dabei 16 bis 18 Stunden.

Mit einem Dampfschiff, das als Schlepper dienen sollte, wurde nunmehr der Versuch gemacht, aber nach dem einmaligen Durchgange desselben füllte der Rauch die Strecke während zwei Tagen so vollständig, dafs dadurch eine Sperrung veranlafst wurde, und selbst am dritten Tage die Treidler noch erkrankten.

Ein andrer Versuch, nämlich durch Pferde den Leinenzug zu bewirken, fiel eben so ungünstig aus. Dabei war die auffallende Anordnung getroffen, dafs die Brustlehnen, die bei der Beschaffenheit der Leinpfade allerdings unentbehrlich waren, sich an den Schiffen befanden, also beim Fortgange der letztern mit den dadurch geschützten Pferden zugleich vorrückten. Es bildeten sich auch in diesem Fall wieder dieselben Fluthwellen, wie beim Ziehn durch Menschen, und die Pferde mufsten dieselben Pausen machen, woher der Durchgang noch 13 Stunden erfordert.

Endlich wurde von Quaneaux der Vorschlag gemacht, das Warpen (§. 58) mit der Aenderung einzuführen, dafs die Kette nicht durch eine Dampfmaschine, sondern durch einen Pferdegöpel auf einem besondern Schiff aufgewunden würde. Diese Art der Förderung ist seitdem eingeführt. Die Leinpfade wurden dabei entbehrlich und einer derselben ist beseitigt, wodurch das Profil sich wesentlich erweitert hat. Das Warpschiff, 57 Fufs lang und 16 Fufs breit, trägt einen Göpel für acht Pferde, der aber nach Umständen mit weniger, zuweilen sogar nur mit zwei Pferden be-

spannt wird. Hierdurch werden nunmehr 30 bis 40 Schiffe zugleich in $5\frac{3}{4}$ Stunden hindurchgezogen.*)

Bei Ausführung des Chirk-Canals in England beseitigte Telford die starke Verengung des Profils dadurch, dafs er den Raum unter dem Leinpfade frei liefs, also hier das Wasser zurückfliefsen konnte, während die Schiffe nahe die ganze Breite des übrigen Raumes einnehmen. Die Breite des Canals mifst 14 Fufs, und davon fallen auf den Leinpfad 5 Fufs. Die ganze Construction ist massiv, aber die Unterstützung des Leinpfads ist den Holzverbindungen nachgebildet. Auf der Sohle des Canals, die aus einem flachen umgekehrten Gewölbe besteht, sind in Abständen von 6 Fufs steinerne Säulen aufgestellt, und diese sind theils durch steinerne Rahmstücke unter sich, theils durch eben solche mit dem Mauerwerk zur Seite verbunden. Hierüber liegen Steinplatten, die noch durch eine leichte Ueberdeckung aus geschlagenen Steinen geschützt sind. Die Widerlager oder Seitenmauern dieses Canals sind weder senkrecht aufgeführt, noch von dem eigentlichen Gewölbe scharf getrennt, vielmehr erstreckt sich ein Gewölbe von eiförmiger Gestalt über die ganze Profil-Oeffnung, und schliefst dieselbe vollständig ein.

Es rechtfertigt sich wohl die Frage, ob in den unterirdischen Canalstrecken Leinpfade überhaupt nothwendig, und wie dieselben am pafsendsten einzurichten sind. Als unentbehrlich kann man sie nicht bezeichnen, da sie bei manchen Canälen wirklich fehlen, und bei andern, wo sie eingerichtet sind, dennoch nicht benutzt werden. Durch das längere Souterrain von St. Quentin sah ich im Jahr 1823 die Schiffe in der Art hindurchschieben, dafs zwei Männer sich flach auf das Schiff legten, so dafs ihre Füfse über Bord reichten und die senkrechten Canalwände vor den Leinpfaden berührten. Indem sie mit den Füfsen, und zwar an beiden Seiten des Schiffes gleichmäfsig rückwärts stiefsen, so drängten sie das Schiff vorwärts. Bald wurde ihre Bewegung ganz regelmäfsig und sie setzten die Füfse in gleicher Weise vor, und stützten sich eben so auf dieselben, als wenn sie eine schwere Last zögen.

---

*) *Mémoire sur le touage dans les souterrains du Canal Saint-Quentin. Annales des ponts et chaussées.* 1863. II. pag. 323.

Etwas verschieden ist die Art, wie die Schiffe durch die unterirdischen Strecken des Bridgewater-Canals geschoben werden. Daselbst befinden sich keine Leinpfade, und die gewölbte Decke liegt nur wenige Fuss über dem Wasserspiegel. Ein Arbeiter legt sich auf den Rücken, und zwar in der Richtung der Bewegung des Schiffes. Er hebt alsdann die Füfse auf, so dafs er dieselben gegen das Gewölbe stützen kann, und schreitet nun auf der untern Fläche des letztern vor, wobei er das Schiff mit dem Rücken fortdrängt.

In andern unterirdischen Canalstrecken hat man statt der Leinpfade in angemessner Höhe vor beiden Seitenwänden, oder unter der Decke eiserne Handlehnen, oder auch wohl starke Taue angebracht, die an Ringen befestigt sind. Die Schiffer fassen diese Stangen oder Taue und ziehn daran das Schiff vorwärts.

Auf dem Regents-Canal in London hat man schon seit geraumer Zeit das Warpen eingeführt, nachdem bei dem gesteigerten Verkehr das zuletzt beschriebene Durchziehn an Tauen gar zu zeitraubend geworden war. Auf der Sohle des Canals liegt eine starke eiserne Kette, die in zwei geneigten Röhren durch den Boden des Schleppschiffes nach einer horizontalen Trommel in der Mitte desselben geleitet und mehrmals darum geschlungen ist. Indem letztere von einer kleinen Dampfmaschine von sechs Pferdekräften in der einen oder der andern Richtung bewegt wird, so zieht sie das Schleppschiff mit den angehängten Canalböten ziemlich rasch hindurch.

Die üblichste Methode zum Durchführen der Schiffe ist indessen der gewöhnliche Leinenzug. Damit dieser aber sicher und ohne zu grofse Beschwerde ausgeübt werden kann, darf der Leinpfad nicht gar zu schmal sein. Man kann ihm freilich nicht dieselbe Breite, wie neben offenen Canalstrecken geben, aber das Pferd mufs doch bequem und sicher darauf gehn können. Hierzu ist mindestens die Breite von 5 Fufs erforderlich. Auch wenn der Leinenzug nicht durch Pferde, sondern durch Menschen ausgeübt wird, kann man die Breite des Pfades nicht füglich geringer annehmen. Zur vollständigen Beseitigung der Gefahr ist es aber in beiden Fällen noch nothwendig, wie in England auch meist geschehn ist, ein leichtes Geländer von 3 Fufs Höhe vor dem Leinpfade anzubringen. Wenn dasselbe auch nicht so stark ist, dafs es bei heftigem Gegenstofsen des Pferdes nicht durchbrechen kann, so ist dennoch für

die Sicherheit schon viel gewonnen, sobald es die zu grofse Annäherung des Pferdes an den Rand des Leinpfades verhindert. Es besteht aus eisernen verstrebten Stielen, die durch einen hölzernen oder eisernen Rahm verbunden und überdeckt sind. Auf letzterm schleift die Leine, und er mufs daher eben und gehörig geglättet sein, damit die Leine weder irgendwo aufgehalten, noch auch stark abgerieben wird.

Eine andre Frage in Betreff des Leinpfades bezieht sich darauf, ob man nur einen anbringen darf, oder ob zwei derselben nothwendig sind. Das letztere ist entbehrlich, insofern ein Begegnen von zwei Fahrzeugen in der unterirdischen Strecke nicht stattfinden kann. Wenn aber der Leinpfad vor dem einen Ufer an beiden Enden des Souterrains abbricht, so mufs jedenfalls für einen bequemen Uebergang der Pferde gesorgt werden, und dieses ist leicht, insofern der Anfang des Gewölbes, unmittelbar neben der Stirnmauer, die Brücke bildet.

Was endlich die Form und Höhe des Gewölbes oder der natürlichen Ueberdeckung des Canals und Leinpfades betrifft, so pflegt man bei den neuern Anlagen dieser Art immer dafür zu sorgen, dafs nicht nur über dem Schiffe, sondern auch über dem Leinpfade soviel Raum bleibt, dafs weder Menschen noch Thiere gegen die Decke stofsen. Gemeinhin führt man die Seitenwände noch einige Fufs hoch über den Leinpfad senkrecht herauf, ehe das Gewölbe beginnt. Wenn man aber, wie in England oft geschieht, die Widerlager von dem Gewölbe nicht trennt, sondern von der Sohle des Canals einen eiförmigen oder elliptischen Bogen beginnen lässt, der ohne Unterbrechung das ganze Profil einschliefst, und auf der andern Seite wieder eben so tief herabreicht, so pflegt der Theil des Bogens, dessen Tangente die lothrechte Linie ist, oder der den gröfsten horizontalen Durchmesser begrenzt, einige Fufs hoch über dem Leinpfade zu liegen. Die letzte Anordnung des Bogens gewährt den Vortheil, dafs auch die Seitenwände gegen ein mögliches Eindrücken gesichert werden. In einzelnen Fällen, wie z. B. in dem Souterrain bei Blisworth auf dem Grand-Junction-Canal, hat man sogar das Gewölbe, welches die Sohle überdeckt, mit dem obern Bogen verbunden, und sonach ein ganz geschlofsnes Gewölbe dargestellt, dessen Profil eine vollständige Ellipse bildet. Dasselbe stimmt sonach, wenn man von den gröfsern Dimensionen absieht,

mit dem Fig. 114 *b* auf Taf. IX im ersten Theil dieses Handbuchs dargestellten Abzugs-Canal überein.

Bei französischen Canälen ist es üblich, die Gewölbe über den Souterrains als gewöhnliche Tonnengewölbe aufzuführen, die volle Halbkreise im Profil darstellen. In England weicht man hiervon gemeinhin ab, und wählt dafür elliptische oder andre Bogenformen. Der Thames-Medway-Canal ist aber mit einem Gewölbe überdeckt, dessen Querschnitt einen Spitzbogen darstellt. Diese allerdings auffallende Anordnung dürfte sich rechtfertigen, insofern andre Bogenformen unter dem starken Erddruck sich gerade in dem Scheitel oft verändern und eingedrückt werden. Ein zweiter Grund dafür ist aber die Erfahrung, dafs bei Durchbrechung eines festen Gesteins, das sich fortwährend oder wenigstens anfangs frei trägt, eine ähnliche Form sich von selbst darzustellen pflegt. Die Form des Spitzbogens ist aber bei hoher Uebermaurung vollständig begründet, wenn der Scheitelpunkt des Gewölbes einem überwiegend starken Druck ausgesetzt ist.*)

Bei besonders lebhaftem Verkehr hat man zuweilen zwei unterirdische Strecken neben einander ausgeführt, die in entgegengesetzter Richtung durchfahren werden, wobei also ein Schiff nicht die Ankunft des entgegenkommenden abwarten darf. Diese Anordnung ist auch weniger kostspielig in Betreff der Masse des zu beseitigenden Bodens, als ein Souterrain von doppelter Breite sein würde. Man mufs indessen alsdann der Zwischenwand hinreichende Stärke lassen. In dem Grand-Trunk-Canal ist sie 10 Fufs stark, und Minard erwähnt, wie in einem ähnlichen Fall das natürliche Gestein nicht die erwartete Festigkeit besafs und zerdrückt wurde.

Die Ausführung unterirdischer Canalstrecken gehört mehr zum Bergbau, als zum Wasserbau, woher die specielle Beschreibung derselben hier übergangen werden kann. Es mögen demnach nur einige Andeutungen hierüber, und zwar für aufgeschwemmten Boden gegeben werden, während die Einzelheiten der Ausführung vielfach in Zeitschriften und besondern Werken eingehend behandelt sind.**)

*) G. Hagen, über Form und Stärke gewölbter Bogen und Kuppeln. Berlin. 1874. § 10.

**) Vorzugsweise ist als solches zu nennen „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst“ von Franz Rziha. Zwei Bände. Berlin 1867 und 1872.

Der Tunnelbau hat aber in neuster Zeit in seiner Anwendung auf Eisenbahnen eine viel gröfsere Bedeutung gewonnen, als er bei Canälen jemals hatte, und die Methoden zum Durchbrechen langer Strecken in festem Gestein haben sowohl in Beziehung auf Erleichterung, als auf Beschleunigung der Arbeit durch Anwendung von Maschinen sich wesentlich verbessert.

Eine sorgfältige Aufnahme des Terrains verbunden mit genauen Höhenmessungen mufs der Ausführung vorangehn, um die beiden Endpunkte, sowie auch die Richtung der beiderseitigen Stollen zu ermitteln.

Wenn die Strecke aber länger und das Gebirge nicht zu hoch ist, so pflegt man zwischen den Endpunkten noch Schachte bis zur beabsichtigten Canalsohle abzuteufen, um theils das gelöste Material bequemer beseitigen zu können, theils auch um mehrere Angriffspunkte für den Stollenbau zu gewinnen und dadurch die Arbeit zu beschleunigen. Bedingung ist es nun, dafs alle einzelnen Strecken, die auf solche Weise ganz unabhängig von einander ausgeführt werden, wirklich in einer geraden Linie und in gleichem Horizont zusammentreffen.

Zunächst mag von den Schachten die Rede sein. Sie werden an möglichst tiefen Stellen und in angemessenen Entfernungen von einander abgeteuft, auch mufs das ausgehobene Wasser einen passenden seitlichen Abflufs finden. Ihr Querschnitt ist selten kreisförmig oder quadratisch, vielmehr meist elliptisch oder oblong, weil er alsdann bei gleichem Flächeninhalt zur Aufstellung der Winden bequemer ist. Die Weite eines Schachtes mifst nach Umständen 4 bis 10 Fuss. Man fasst ihn entweder mit Holz oder mit Mauern ein. Das letzte geschieht vorzugsweise, wenn seine Benutzung voraussichtlich sich so lange ausdehnen wird, dafs das Holz inzwischen einer Erneuerung bedarf. Nach Beendigung des Canals sind die Schachte meist entbehrlich, denn zur Erleuchtung tragen sie doch nicht wesentlich bei, und besonderer Vorrichtungen zur Erneuung der Luft bedarf es auch nicht, da der starke Luftzug sogar oft lästig ist. Aus diesem Grunde pflegt man in neuerer Zeit ziemlich allgemein hölzerne Einfassungen zu wählen, die leichter darzustellen und sicherer zu befestigen sind.

Die Ausführung der Schachte stimmt mit der im ersten Theil § 13 beschriebenen und Fig. 40 dargestellten Methode überein.

Auch in diesem Fall werden Rahmen oder Joche in 3 bis 4 Fuſs Abstand unter einander angebracht und Bohlenstücke dahinter getrieben. Man sorgt aber dafür, die Rahmen unter sich gehörig zu verbinden, und verkleidet sie an der innern Seite noch mit Latten, damit die auf- und abgehenden Eimer nicht etwa darunter greifen oder darauf hängen bleiben. Von der Beschaffenheit des Bodens hängt es ab, ob die Bohlenstücke dicht schlieſsend eingesetzt werden müssen, oder ob sie grössere oder kleinere Zwischenräume offen lassen dürfen. Je leichter und loser der Boden ist, um so vollständiger muſs das Erste geschehn.

Will man dem Schacht eine massive Einfassung geben, so geschieht dieses, nachdem er in der ganzen Tiefe ausgeführt und in der beschriebenen Weise verschaalt ist. In festem Thon oder in gewachsenem Felsboden kann man auch durch Unterfahren, also gleichzeitig mit der Vertiefung des Schachtes das Mauerwerk weiter herabführen, und andrerseits wendet man in ganz losem, sandigen Boden auch zuweilen Senkbrunnen an, wie z. B. bei Darstellung der Zugänge zu dem Themse-Tunnel geschehen ist.

Die Erde und das Gestein, welches im Schacht während dessen Ausführung gelöst wird, so wie auch das Wasser, welches an dessen Sohle sich sammelt, wird gemeinhin nur mittelst einer einfachen, auf die Oeffnung des Schachtes gestellten hölzernen Winde gehoben, die mit einer 1 Fuſs starken Trommel und an jeder Seite mit einer Kurbel versehen ist. Um die Trommel sind mehrere Windungen eines hinreichend starken Taues geschlungen, an dessen beiden Enden sich Haken befinden. In diese werden Eimer eingehängt, die beim Drehn der Winde abwechselnd herab- und hinaufgehn, und unten gefüllt werden. Auch die nöthigen Baumaterialien und Geräthe, sowie die Arbeiter selbst lässt man daran herab und hebt sie wieder herauf.

Die Beseitigung des Wassers verursacht in manchen Fällen grosse Schwierigkeiten. Ist der Zudrang desselben nicht bedeutend, so schöpft man es von der tiefsten Stelle der Sohle mit Eimern aus, in die man oft zugleich auch den gelösten Boden hineinwirft. Bei stärkerem Zudrang des Wassers richtet man auch eine besondere Winde zum Fördern desselben ein, oder man bedient sich andrer kräftiger Schöpfmaschinen, die jedoch bei zunehmender Tiefe des Schachtes immer verstellt werden müssen. Sobald indessen

der Schacht bis zur beabsichtigten Tiefe herabgeführt ist, und man von demselben aus den Stollenbau beginnt, also keine weitere Vertiefung vorkommt, so richtet man gewöhnliche Pumpen ein, weil diese am wenigsten den Raum beschränken. Auch pflegt man, wenn sie dauernd im Betriebe erhalten werden müssen, Dampfmaschinen oder Pferdegöpel zu ihrer Bewegung zu benutzen.

Nunmehr beginnt auf beiden Seiten des Schachtes der Stollenbau und zunächst kommt es darauf an, die Richtung der Stollen sicher festzustellen, damit sie mit denjenigen der andern Schachte und der Mundlöcher zusammentreffen. Auf der freien Oberfläche ist die Richtung scharf gegeben, um diese aber auf die Sohle des Schachtes zu übertragen, begnügt man sich meist damit, in letzterem zwei Lothe herabhängen zu lassen, die unten in zwei Gefäße mit Wasser eintauchen, um ihre Schwingungen bald zu unterbrechen. Bei der geringen Weite des Schachtes sind die beiden Lothfäden nur wenige Fuße von einander entfernt, die Uebertragung der Richtung ist daher wenig sicher, und dieses ist schon ein Grund, den Stollen in möglichst geringen Dimensionen und in der Mitte des ganzen darzustellenden Profils auszuführen, damit spätere Verbesserungen der Richtungen noch leicht ausführbar sind. Hierzu kommt auch, daß die Sicherung einer kleinen Oeffnung viel leichter, und solche auch schneller ausführbar ist. Sobald aber dieser Stollen mit der Mund-Oeffnung in Verbindung steht, so läßt sich dem Grubenwasser ein freier Abfluß eröffnen, wodurch die Schöpfmaschinen entbehrlich werden.

Die Ausführung der Stollen im aufgeschwemmten Boden ist wesentlich dieselbe, wie die der Schachte. Man bildet wieder einzelne Joche aus zwei Stielen, die oben wie unten durch Spannriegel gegen einander abgesteift und durch Rahmstücke überdeckt werden. Ueber letztere, so wie auch hinter den Stielen werden aber zugeschärfte Bohlen eingeschoben, welche sowol oben, wie an beiden Seiten die Erde zurückhalten und von diesem, wie auch von dem nächstfolgenden Joch unterstützt werden. Sobald letzteres aber etwa in 4 Fuß Entfernung aufgestellt ist, so treibt man zwischen demselben und den erwähnten Bohlen andere aufs Neue ein, und in dieser Art setzt sich die Arbeit fort.

Nachdem ein solcher Stollen in so geringen Dimensionen, daß ein Mann meist nur gebückt hindurchgehen kann, im Zusammen-

hange mit dem vom Mundloch ausgehenden Stollen ausgeführt ist, wird zunächst die Mittellinie des Canals darin scharf bezeichnet. Hierauf treibt man in der Höhe, wo das Gewölbe beginnen soll, nach beiden Seiten Querstollen so weit, dafs sie die Anfänge des Gewölbes noch umfassen, und in Längs-Stollen, parallel zum ersten Stollen, werden die Gewölbe vom Kämpfer ab 3 bis 4 Fufs hoch ausgeführt. Dieselbe Operation wiederholt sich in andern darüber eröffneten Stollen, bis der Bogen des Gewölbes etwa 45 Grade gegen das Loth geneigt ist. Alsdann läfst sich der Lehrbogen nicht mehr entbehren, und man mufs die Längsstollen durch Querstollen in der Höhe des obern Theils des Gewölbes mit einander verbinden. In diesen erfolgt der Schlufs des Gewölbes. Da man aber auch den letzten Stollen keine grofse Weite geben darf, so mufs man von dem Längenverbande ganz absehn, und es bleibt nur übrig einzelne Bogen stumpf an einander zu stellen. Die Widerlager oder die Mauern unter den Gewölben werden nunmehr, nachdem die Decke gesichert ist, und die einzelnen Stollen in Verbindung gesetzt werden dürfen, durch Unterfahrung bis zur nöthigen Tiefe herabgeführt.

Zuweilen stellt man das Gewölbe auch in andrer Weise dar. Die Gefahr des Durchbruchs ist nämlich in der Mittellinie des Tunnels am gröfsten, und wird durch die beschriebene Bauart noch vermehrt, insofern die grofse Anzahl von Stollen, die über und neben einander nach und nach zur Ausführung gebracht werden, schon die sichre Unterstützung der darauf ruhenden Erd- oder Felsmasse gefährdet haben, diese also leicht in Bewegung kommen kann. Man hat daher in vielen Fällen mit der Ausführung des obern Theils des Gewölbes den Anfang gemacht, und die darunter befindlichen Theile durch Unterfahren dargestellt. Besonders bei sehr losem Grunde ist der Nutzen einer solchen Anordnung nicht zu verkennen, insofern man dabei alle andern Arbeiten bereits im Schutz einer festen Decke vornehmen kann. Bei dem Bau der Souterrains im Marne-Rhein-Canal hat man diese Methode gleichfalls gewählt, wiewohl man hier ziemlich festes Gestein antraf, das keiner vollständigen Verschaalung, sondern nur der Absteifung und Verstrebung bedurfte. Die in Fig. 375 auf Taf. LIV dargestellten Querschnitte zeigen diesen Bau in den verschiedenen Perioden der Ausführung. In *a* ist durch die punktirten Linien zwischen den

beiden mittlern Steifen der erste Stollen in seiner Absteifung angegeben, der durch das Gebirge getrieben wurde. Darunter befindet sich der mit starkem Gefälle versehene und gleichfalls leicht abgesteifte Graben, der zur Abführung des Wassers dient.

Von diesem Stollen aus erweiterte man die Oeffnung, und stellte den ganzen zu überwölbenden Raum dar, indem die nöthigen Absteifungen angebracht wurden. Fig. *b* zeigt einen Lehrbogen. Man stellte deren eine ganze Reihe hintereinander auf, jedoch so, dafs die Steifen dazwischen stehn blieben. Letztere wurden nur entfernt, wenn die Schaalhölzer aufgebracht werden mufsten, was unmittelbar vor dem Versetzen der Steine geschah, so dafs das Gewölbe bald darauf deren Stelle vertrat. Die beiderseitigen Anfänge der Bogen ruhen, wie aus der Figur ersichtlich ist, auf je zwei Gängen von Bohlen, und dieser untere Theil des Gewölbes kann bequem in gehörigem Verbande gemauert werden. Nur wenn man gegen den Schlufs kommt, läfst sich der Verband nicht mehr darstellen, weil die Steine von der Stirnseite des Bogens eingeschoben werden müssen, und darüber kein Platz zu ihrem Versetzen ist. Jene Bohlen, die zugleich mit den Lehrbogen das Gewölbe tragen, ruhn theils unmittelbar, theils mittelst Stützen auf den äufsern Theilen der Schwellen. An den Stellen, wo das Gewölbe dem Schlufs nahe ist, eröffnet man zu beiden Seiten die Gräben für die Widerlager und die Anfänge des Bogens. Diesen kann man eine grössere Länge und daher besonders in den mittlern Schichten den gehörigen Verband geben. Die Schwellen werden, wie Fig. *c* zeigt, nunmehr abgesteift, ihre vortretenden Enden mufs man aber abstemmen, sobald das Mauerwerk von unten aus sich ihnen nähert. Zuerst werden die hintern Steinreihen mit dem obern Bogen verbunden und möglichst geschlossen eingetrieben, nachdem die Bohlen gleichfalls in kurze Stücke zerlegt und beseitigt sind. Alsdann geschieht dasselbe mit den vordern oder innern Steinreihen. Indem der Bogen hierbei dauernd auf dem Lehrbogen ruht, aufserdem aber entweder sein äufserer oder innerer Rand von der bereits ausgeführten Untermaurung oder noch von der Absteifung getragen wird, auch ein guter Mörtel angewendet ist, der schnell bindet, so können die untern Steine sich nicht sogleich lösen und die ganze Arbeit schreitet sicher und ohne Unterbrechung fort.

Sobald das Gewölbe an einer Stelle geschlossen und unterfahren ist, entfernt man den darunter befindlichen Lehrbogen und führt die Mauern unter den Leinpfaden aus (Fig. *d*), gegen welche man den freistehenden Erdkörper in der Mitte des Souterrains absteift. Auf diese natürliche Erdablagerung hatte man aber gleich nach Eröffnung des ersten engen Stollens eine Eisenbahn gelegt, mittelst deren sowohl das gelöste Gestein abgeführt, als auch das erforderliche Baumaterial beigeschafft werden konnte. Bei Ausführung des Souterrains bei Arschweiler gewann man an Ort und Stelle schon das zum Mauern und Wölben erforderliche Steinmaterial in hinreichender Menge und von gehöriger Güte. Die Wölb- und Mauersteine wurden daher im Souterrain selbst bearbeitet.

Der Schluss des Gewölbes bildet den schwierigsten Theil dieser Arbeiten, weil es über dem Bogen an dem nöthigen Raum fehlt, um die Steine in gewöhnlicher Art zu versetzen. Bei Ausführung des Eisenbahn-Souterrains bei St. Cloud setzte man jeden einzelnen Lehrbogen aus zwei getrennten Hälften zusammen, zwischen denen so viel Raum blieb, dafs der Maurer bequem auf einer etwas niedrigern Rüstung stehn konnte. Dadurch wurde es möglich, bis auf 1 Fufs Abstand vom Scheitel noch die Steine in gehörigem Verbande zu versetzen, und nur der letzte 2 Fufs breite Theil des Gewölbes mufste wieder aus einzelnen, stumpf an einander gestellten Schlufssteinen bestehn. In der Längenrichtung des Canals maafs dieser Theil etwa 3 Fufs, der Maurer konnte daher die Steine von der Stirnfläche des Gewölbes aus hineinschieben. Sobald ein solcher Bogen geschlossen war, wurde er sogleich mit einer Bétonlage überdeckt, um die Bergfeuchtigkeit abzuhalten, und man beeilte sich, den freien Raum darüber bis zu der durch das Absprengen der Steine gebildeten Decke sorgfältig und möglichst geschlossen mit Steinen anzufüllen. Die Vorsicht in dieser Beziehung ist dringend geboten, und man kann damit in der That nicht zu weit gehn, indem das Gewölbe jedenfalls, und wenn es auch noch so stark wäre, sehr beschädigt würde, wenn die darüber liegende Erd- oder Felsmasse bei dem unvermeidlichen Setzen sich plötzlich stark senken und eine merkliche Geschwindigkeit annehmen sollte.

Die Ausführung der Wölbung wird schwieriger, wenn die Förderschachte beibehalten und ihre massiven Einfassungen

mit dem Gewölbe über dem Canal verbunden werden sollen. Insofern diese Schachte, wie erwähnt, später beinahe keinen Nutzen gewähren, ihre Unterhaltung aber ziemlich kostbar ist, so pflegt man sie meist nach Beendigung des Souterrains zu verfüllen und eingehn zu lassen. In England hat man aber, um ihre Verbindung mit dem Gewölbe zu vereinfachen, sie zuweilen auf gufseiserne Rahmen von quadratischer Form gestellt, die von einem oder zwei Bogen im Gewölbe getragen werden, und an die sich die nächsten Bogen mit ihren Stirnen bequem anschliefsen lassen.

Die Eingänge der Souterrains pflegt man gemeinhin mit Stirnmauern einzuschliefsen, die häufig mit architektonischen Verzierungen und Inschriften versehn sind. Diese Mauern erheben sich aber meist nur wenig über das Gewölbe, und bilden daher den Fufs einer Böschung, die sich nach dem Gebirge erhebt, und von den Fortsetzungen der Seitenböschungen des offenen Einschnittes begrenzt wird. Jene erste Böschung wird gewöhnlich mit Banketen versehn, die jedoch nicht horizontal sind, sondern sanft ansteigen, und sonach Gänge bilden, auf welchen man zwischen den mit Bäumen und Sträuchern bepflanzten geneigten Flächen zur Höhe gelangen kann. Fig. 376 zeigt eine solche Anordnung.

In eigenthümlicher Weise wurde der unterirdische Canal St. Maur in der Nähe von Paris ausgeführt, der eine sehr ausgedehnte Serpentine der Marne abschneidet. Die Höhe des Terrains war so mäfsig, dafs man unter andern Umständen nur einen offenen Einschnitt dargestellt haben würde, doch verbot sich dieses theils wegen des daneben befindlichen Dorfes, und theils wegen der sehr frequenten Strafse. Aufserdem würde auch der Ankauf des Terrains zum Aufstellen der Abtragserde zu kostbar gewesen sein. Aus diesen Gründen entschlofs man sich, den Canal unterirdisch zu führen, doch geschah dieses nicht in der eben beschriebenen Weise mittelst hindurchgetriebener Stollen, vielmehr wurde ein Einschnitt eröffnet, das Canalbett darin ausgehoben, mit Seitenmauern versehn, mit einem starken Gewölbe überspannt, und letzteres demnächst wieder mit Erde überfüllt. Der Einschnitt mufste aber mit steilen Dossirungen versehen werden, weil einzelne Häuser sehr nahe standen. Dieses gelang auch, indem man starke Absteifungen zwischen den beiderseitigen Wänden anbrachte. Ueber-

dies war es nicht nothwendig, den Einschnitt an jeder Stelle lange offen zu lassen, indem man mit der Ausführung des Gewölbes und der Ueberschüttung desselben möglichst schnell fortschritt. Man brauchte auf diese Weise einen grofsen Theil der ausgehobenen Erde gar nicht seitwärts abzulagern, sondern konnte denselben sogleich zur Verfüllung des bereits fertigen Gewölbes verwenden. Letzteres erhielt aber bei der sorgfältigen Ausführung, und da es aufserdem noch 1 Fufs hoch mit Béton überdeckt wurde, eine genügende Wasserdichtigkeit. Dieser Umstand war von grofser Bedeutung, weil andernfalls das Grundwasser zum Nachtheil des darüber stehenden Dorfes stark gesenkt worden wäre.

Indem unterirdische Canalstrecken niemals solche Ausdehnung haben, wie manche Eisenbahn-Tunnels, auch nie in so hohe Gebirge eingeschnitten sind, dafs die Anlage von Förderschachten dabei unmöglich gewesen wäre, so darf von den in solchem Falle eintretenden Schwierigkeiten, und den Mitteln zur Umgehung derselben hier abgesehn werden. Dagegen dürfte ein andrer Bau nicht unerwähnt bleiben, der, wenn er auch seinen Zweck vollständig verfehlt hat, dennoch theils wegen der übergrofsen Schwierigkeiten, die seiner Ausführung entgegenstanden, und theils wegen der eigenthümlichen Art der Ueberwindung derselben, von grofser Bedeutung ist, und der überdies dem Gebiet der Wasserbaukunst angehört. Dieses ist der in den Jahren 1825 bis 1843 von Isambart Brunel ausgeführte Themse-Tunnel. Die Anordnung der Zugänge zu demselben, die nichts andres, als sehr grofse Senkbrunnen sind, wurde bereits im ersten Theil §. 8 beschrieben.

Der wichtigste Theil dieses Bauwerks ist die Durchführung des überwölbten Stollens unter der Themse in einem zum Theil vollständig mit Wasser durchzogenen leichten Boden, der überdies zur Zeit des Hochwassers einem Wasserdruck von mehr als 70 Fufs ausgesetzt war.

Man hatte schon früher in ähnlicher Weise eine Verbindung der beiderseitigen Themseufer darzustellen versucht. Bereits im vorigen Jahrhundert wurde bei Gravesend ein solcher Bau von Dodd in Vorschlag gebracht und wirklich begonnen. Man kam indessen nicht weiter, als dafs man einen Schacht abzuteufen begann, der aber so starke Quellen aufnahm, dafs alle Mühe, ihn

trocken zu legen, vergeblich war, und man sich bald gezwungen sah, ihn wieder zuzuschütten*).

Wichtiger war ein zweiter Versuch, der von Vazie begonnen und von Trevithik, dem Erfinder der Hochdruckmaschinen, bald fortgesetzt und sehr weit ausgedehnt wurde, der aber dennoch gleichfalls mifsglückte. Man teufte ziemlich nahe an derselben Stelle, wo der jetzige Tunnel ausgeführt ist, einen Schacht von 11 Fufs Weite ab, und schlofs an denselben einen Stollen in den beim Bergbau üblichen Dimensionen von 2½ Fufs lichter Weite und 5 Fufs Höhe an, der nur mit Holzeinfassung versehn war. Im Jahre 1804 wurde der Bau begonnen, der Stollen aber erst 1807 ausgeführt und in den ersten Tagen des folgenden Jahrs noch etwas verlängert, so dafs er bereits das gegenüberliegende Ufer erreicht hatte, als am 25. Januar 1808 das Wasser einbrach, und den leichten Bau so verwüstete, dafs an eine Wiederherstellung nicht mehr gedacht wurde. Der Stollen war auf 923 Fufs Länge ausgeführt. Vergleichungsweise zu dem spätern Bau, und bei den geringen Hülfsmitteln der damaligen Technik, kann man sich nur wundern, wie dieses Unternehmen einen so raschen Fortgang haben konnte und bis zu der Zeit, dafs es zerstört wurde, so wenig Unfälle erfuhr. Nichts desto weniger war das Durchtreiben des engen Stollens doch nur der geringste Theil der Arbeit, und wenn dieses auch vollständig geglückt wäre, so begreift man kaum, wie das Souterrain alsdann erweitert und ausgemauert werden sollte.

Obwohl das Unternehmen zweimal mifsglückt war, so wurde es dennoch, bevor zwanzig Jahre vergangen waren, aufs Neue wieder aufgenommen. Die Wichtigkeit desselben erschien zu bedeutend, namentlich in einer Zeit, wo Dampfschiffe noch wenig bekannt waren, und man sie noch nicht benutzte, um eine leichte und regelmäfsige Verbindung zwischen den gegenüber liegenden Flufsufern darzustellen. Auf die ganze Länge der Themse, von ihrer Mündung bis zur London-Brücke, also etwa auf 8 deutsche Meilen, war die Anlage einer gewöhnlichen Brücke, ganz abge-

*) Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend. Sechster Jahrgang. Zweiter Band. Berlin 1806. Seite 61 ff.

sehn von den technischen Schwierigkeiten, unmöglich, weil die Schiffahrt hier in keiner Weise beeinträchtigt werden durfte. Wollte man die beiderseitigen Ufer in Verbindung setzen, so konnte dieses nur geschehn, entweder so hoch über Wasser, daſs die Schiffe mit allen Bramstengen und zwar in der ganzen Ausdehnung des Fahrwassers ungehindert darunter nach wie vor segeln, oder so tief unter Wasser, daſs auch die gröſsten Schiffe frei darüber gehn konnten. Man dachte allerdings auch an die erste Art des Uebergangs, indem eine weit gespannte und hohe gufseiserne Bogenbrücke projectirt wurde, man zog aber den Vorschlag Brunels vor, den Weg unter dem Bett der Themse zu erbauen, und es bildete sich eine Actien-Gesellschaft, die gegen das zu erhebende Brückengeld die Kosten des Baues nach dem von Brunel aufgestellten Anschlag tragen wollte.

Man machte, wie bereits früher beschrieben, mit dem Versenken des Treppenthurms im Jahre 1825 den Anfang, und am 1. Januar des folgenden Jahrs wurde der Bau des Stollens oder des eigentlichen Tunnels begonnen, der achtzehn Jahre später beendigt wurde. Seine Ausführung war mit ungeahnten Schwierigkeiten verbunden, aber die Methode, obwohl sie keine wesentlichen Aenderungen erfuhr, vervollkommnete sich doch erst während ihrer Anwendung. Der Bau war bereits über die Hälfte beendigt, als Brunel das unbedingte Zutrauen dazu aussprach, und sich rühmte, der Apparat sei jetzt so beschaffen, daſs er unter allen Umständen zum Ziel führen müsse, wenn es nicht an Geld fehle. Dieser Punkt hatte allerdings schon groſse Bedeutung gewonnen. Das von der Gesellschaft aufgebrachte Capital war längst verausgabt und weitere Zuschüsse wurden endlich verweigert, da die Hoffnung des Gelingens beinahe ganz verschwunden war. So ruhte der Bau nahe 8 Jahre hindurch, nämlich von 1828 bis 1836, bis endlich das Nationalgefühl angeregt und vom Parlament das noch fehlende Geld bewilligt wurde.

Es ist wohl auſser Zweifel, daſs die Schwierigkeiten, die man antraf, groſsentheils davon herrührten, daſs man sich der Sohle des Flufsbettes zu sehr genähert hatte. Spätere Veränderungen desselben und selbst das Ankern der Schiffe sollen hieran Schuld gewesen sein. Jenen Veränderungen hätte man indessen wohl vorbeugen können durch Befestigung des Flufsbettes. Wenn aber das

Durchziehn einiger Schiffsanker schon in solchem Maafse, wie wirklich geschehn, das Unternehmen gefährden konnte, so war es an sich sehr unsicher, und man hätte entweder eine andre Stelle wählen, oder tiefer herabgehn müssen. Nach den 39 Sondirungen, die angestellt waren, sollte der Bau überall mindestens noch 20 Fufs unter der Sohle des Flufsbettes bleiben. Dagegen hatte man später aus der Taucherglocke das Mauerwerk frei liegen sehn. Der Boden bestand aber mit Ausnahme einer schwachen Kalkschicht, die Fig. 377 in der Höhe der untern Hälfte des Gemäuers angegeben ist, aus Kies und Thonlagen, die besonders oben in weichen Schlamm übergingen. Der in dieser Figur dargestellte Wasserstand ist der des niedrigen Wassers, das Hochwasser erhebt sich noch 19 Fufs darüber.

Die so eben bezeichnete Figur stellt den Querschnitt des fertigen Baues dar. In einem Gemäuer von 21½ Fufs Höhe und 36½ Fufs Breite befinden sich die beiden überwölbten und mit Fufswegen verbundenen Fahrbahnen. Die Mittelmauer zwischen beiden ist mit grofsen überwölbten Oeffnungen versehn. Diese Oeffnungen sind indessen erst später dargestellt und mit Bogen überspannt, indem es zu schwierig gewesen wäre, sogleich ein so ungleichmäfsiges Mauerwerk auszuführen. Einen Längenverband konnte man indessen weder den senkrechten und horizontalen Mauern, noch den Gewölben geben, vielmehr mufste eine vertikale Mauerschicht stumpf gegen die andre gestellt werden. Bei dem schnell erhärtenden und fest bindenden Roman-Cement, der durchweg angewendet wurde, hat diese Verbindungsart, soviel bekannt, keine nachtheiligen Folgen gezeigt.

Zur Ausführung des Souterrains diente ein eigenthümlicher Apparat, der Schild genannt, welcher nicht nur die Stirnfläche des Stollens sicher abschlofs und den Druck der davor stehenden Erde und des Wassers aufhob, sondern auch so eingerichtet war, dafs man an jeder beliebigen Stelle kleine Oeffnungen frei machen und die Erde davor beseitigen konnte. Der Schild bestand aus zwölf einzelnen Abtheilungen oder Rahmen, die beliebig entlastet und vom Erddruck beinahe vollständig befreit werden konnten, indem derselbe auf die nächsten Rahmen sich übertragen liefs. Dadurch wurde es möglich, die einzelnen Rahmen und sonach den ganzen Schild vorzuschieben.

Der Schild war etwas breiter und höher, als das Mauerwerk des Tunnels, und umschloſs dasselbe oben und zu beiden Seiten mit beweglichen eisernen Platten. Gewöhnlich befand er sich etwa 9 Fuſs vor der jedesmaligen Stirnfläche der Mauer, und in gleichem Maafse, wie er vorrückte, folgte ihm auch das Mauerwerk.

Fig. 378 zeigt den Schild in derjenigen Anordnung, die man ihm nach manchen Aenderungen gegeben hat*). Er besteht aus zwölf getrennten Theilen oder Rahmen, die wie Bücher in einem Bücherschrank stumpf neben einander stehn, und einzeln vorgeschoben werden können. Jeder dieser Rahmen hat drei Abtheilungen oder Zellen übereinander von hinreichender Breite und Höhe, so daſs ein Arbeiter ziemlich bequem darin Platz findet. Auf diese Weise enthält der ganze Schild sechs und dreiſsig Zellen, und eben so viele Arbeiter sind darin in ähnlicher Weise beschäftigt, wie beim Vortreiben eines Stollens. In Fig. 377 sind diese Zellen sichtbar.

Jeder der erwähnten Rahmen, aus guſseisernen durchbrochenen Platten zusammengesetzt, steht auf zwei eisernen Schenkeln *A*, die mittelst starker Schrauben, deren Köpfe man bei *D* sieht, verlängert oder verkürzt werden können, und sowohl oben als unten mit Kugelgelenken versehn sind. Wenn die Schuhe *B*, auf denen die Schenkel eines Rahmens ruhn, vorgeschoben werden sollen, so wird der Rahmen mittelst der Arme *C* an die beiden nächsten Rahmen gehängt. Diese Arme sind oben und unten mit kreisförmigen Oeffnungen versehn, in welche Zapfen von den beiden angrenzenden Rahmen eingreifen. Ein Rahmen hat jedesmal unter der mittleren Zelle zwei solcher Achsen, und der nächste trägt dieselben über der mittleren Zelle. Die beiden äuſsern Rahmen konnten nur durch einen Arm unterstützt werden. Diese Arme lassen sich durch eingetriebene Keile beliebig verlängern und verkürzen. Man kann also durch Verstellen der Keile und der an den Schenkeln angebrachten Schrauben das Gewicht eines Rahmens von den darunter liegenden Schuhen auf die zur Seite stehenden Rahmen übertragen.

---

*) Dieser Schild, sowie der ganze Bau wurde zuerst von *Henry Law* in *Weale's Quaterly papers on Engineering. Part. VI, IX* und *X* beschrieben. Im „Lehrbuch der gesammten Tunnelbaukunst“ von F. Rziha, II. Band, Berlin 1872, ist derselbe gleichfalls behandelt.

Um indessen zu verhindern, dafs zwischen den Rahmen die Reibung gar zu stark wird, oder wohl gar ein Klemmen eintritt, mufste ihr gegenseitiger Abstand genau normirt werden. Dieses ist dadurch erreicht, dafs man in der Höhe der Mittelböden, welche die Zellen trennen, vortretende Kreisstücke angebracht hat, die in dem einen Rahmen sich um eine vertikale Achse drehn, und in dem andern sich gegen eine eiserne Bahn lehnen, die also, ohne die gegenseitige Bewegung zu hemmen, die Annäherung über eine gewisse Grenze hinaus verhindern. Wegen des starken Drucks von beiden Seiten ist aber eine zu grofse Entfernung der Abtheilungen von einander weniger zu besorgen.

Das Vorschieben jedes Rahmens geschieht dadurch, dafs man sowohl oben als unten je zwei starke Schrauben horizontal gegen die bereits ausgeführte Mauer stellt, und durch Drehn der Spindeln den nöthigen Druck erzeugt. Die beiden Schenkel befinden sich dabei in der Stellung, welche die Figur angiebt, indem die Schuhe schon vorher etwas vorgeschoben waren. Die Deckplatten über dem Rahmen ruhn in diesem Fall auch nur auf den Stützen *E*, indem die starken Schrauben, die sie sonst tragen, gelöst sind. Auf diese Weise kann jeder der mittlern Rahmen ziemlich frei gestellt werden, er findet aber auch in der Richtung, wohin er geschoben werden soll, einen freien Raum, indem die Bohlenstücke, welche die Erde am Kopf des Stollens absteifen, nicht gegen diesen Rahmen, sondern die beiden nächsten gestützt werden. Anders verhält es sich mit den beiden äufsern Rahmen, gegen welche sich die gufseisernen Bohlen lehnen, die den Kopf des Stollens zur Seite einfassen. Eine starke Reibung ist hier unvermeidlich, und um so kräftiger müssen die Schrauben wirken. Diese Bohlen sind indessen so eingerichtet, dafs jene Stützen, welche die Erdwand an der Stirnfläche des Stollens zurückhalten, auch gegen sie angesetzt werden können, und sonach auch die äufsern Rahmen beim Vorschreiten leere Räume vor sich finden.

Ueber jedem der mittlern Rahmen befinden sich zwei gufseiserne Deckplatten *F* mit Verstärkungsrippen versehn, vorn zugeschärft und am hintern Ende mit Platten von gewalztem Eisen verbunden, die noch über das bereits ausgeführte Mauerwerk reichen, und daher bis zu diesem stets einen ziemlich dichten Schlufs darstellen. Auf jedem der beiden äufsern Rahmen liegen

dagegen drei dergleichen Platten, von denen die äufsern, wie Eckeisen, theils horizontale, theils vertikale Flächen haben, also schon den Anfang der Seiteneinfassungen bilden. Die Deckpatten ruhn gewöhnlich, aufser den bereits erwähnten Stützen *F*, noch auf starken Schrauben. Sie werden aber, ehe man den zugehörigen Rahmen vorschiebt, selbst vorgeschoben, wozu besondere Schrauben dienen, die man gleichfalls gegen die Stirn der Mauer ansetzt, die aber in der Figur nicht angegeben sind.

Die Seiten-Einfassungen am Kopf des Stollens werden durch eiserne Platten von 1 Fufs Höhe gebildet, die sehr genau mit den Deckplatten übereinstimmen, und auch eben so wie diese vorgeschoben werden. Eine Verschiedenheit findet nur insofern statt, als sie nicht so sicher aufliegen und daher durch besondre Vorrichtungen in ihrer Stellung gehalten werden müssen. Sie greifen daher nicht nur durch eine Art von Federn und Nuthen in einander, sondern jede von ihnen ist noch mit einem starken Bolzen versehn, der in einer am äufsern Rahmen angebrachten Oese sich frei hin- und herschieben läfst, und dabei die Platte auf der am Rahmen befindlichen Bahn erhält.

Ein sehr wichtiger Theil des Apparats bezieht sich auf die Absteifung der Erde in der Stirn des Stollens. Hierzu dienten ungefähr 500 Bohlenstücke *G*, von denen jedes 3 Fufs lang ist. Ihre Höhe beträgt 6 Zoll, und ihre Stärke 3 Zoll. An den Enden sind Eisenplättchen mit halbkugelförmigen Vertiefungen aufgeschroben, in welche die Köpfe der Stützen *H* greifen. Diese Stützen, aus Schraubenspindeln und röhrenförmigen Muttern bestehend, lassen sich aus freier Hand leicht verlängern und verkürzen, so dafs man jene Bohlenstücke beliebig lösen, oder gegen die Rahmen absteifen kann. Dieses Absteifen geschieht, wie bereits erwähnt, nicht nur gegen den zugehörigen Rahmen, sondern, sobald dieser vorgeschoben werden soll, auch gegen die beiden benachbarten Rahmen.

Es wiederholten sich indessen vielfache Unfälle mit den Bohlenstücken, und namentlich kanteten dieselben mehrfach, oder fielen auch herab, und nur mit grofsem Zeitaufwande konnte man sie alsdann in ihre passende Lage bringen, oder durch andre ersetzen. Von Bedeutung war daher die Aenderung, dafs man sie mit Haken versah, womit sie an einander befestigt wurden.

Die Aushebung der Erde geschah in der Art, dafs man in jeder Zelle zuerst die obere Bohle löste und die Erde einige Zoll tief herausnahm, alsdann wurde die Bohle wieder eingesetzt und mittelst der Stützen *H* gegen die dahinter stehende Erdwand fest geschroben. Dasselbe geschah mit der zweiten und allen folgenden Bohlen der Zelle. Die Erde, welche in den beiden obern Zellenreihen gelöst war, fiel dabei auf die Mittelböden, die mittelst starker Bleche zwischen den Bohlen vorragten, und sonach ein Herabstürzen der Erde bis zur Sohle des Schachtes verhinderten. In die untre Zelle fiel keine Erde, vielmehr mufste sie unter derselben vorgezogen werden. Die Bohlenstücke zunächst über der Sohle des Stollens stellte man aber nicht mehr senkrecht, sondern flach geneigt ein, so dafs die Wand hier allmählig in die horizontale Richtung überging. Diese Bohlen blieben hier auch liegen und bildeten theils eine Unterlage für die gufseisernen Schuhe *B*, theils auch einen Rost für das Mauerwerk. Während die schweren Rahmen mit der ganzen Belastung des darüber befindlichen Erdreichs darauf gestellt wurden, drückten sie sich so fest ein, und nahmen eine so sichre Lage an, dafs sie einer weitern Befestigung nicht bedurften, wenn auch die Schuhe nicht mehr darauf standen.

Sobald die Rahmen sich von der Mauer etwas entfernt hatten, wurde sogleich eine Mauerschicht von der Stärke eines Steins an diese zwar stumpf, aber in gutem Cement angesetzt. Das Profil der Mauern zeigt Fig. 377. In Fig. 378 sieht man noch den Durchschnitt eines Lehrbogens, der bei seiner geringen Länge sehr leicht vorgeschoben und mittelst Hebel und Schrauben genau auf die erforderliche Höhe gestellt werden konnte.

Die vorstehende Beschreibung des Apparats und seiner Benutzung soll nur im Allgemeinen das gewählte Verfahren bezeichnen. Es ergiebt sich daraus aber schon, dafs die Einzelheiten mit gleicher Sorgfalt und Ueberlegung angeordnet und ausgeführt werden mufsten, um die nöthige Festigkeit und Beweglichkeit zu besitzen, und um nirgend die Arbeiten zu verhindern oder zu sehr zu erschweren. Die specielle Bezeichnung derselben, obwohl sie gewifs grofses Interesse bietet, würde die Grenzen dieses Handbuchs weit überschreiten. Dagegen erscheint es nothwendig, über den Fortgang der Arbeiten noch Einiges mitzutheilen.

Am 1. Januar 1826 stellte man den Schild in dem früher beschriebenen Schacht oder grofsen Brunnen auf, und obwohl die Durchbrechung der Mauer in mancher Beziehung ein andres Verfahren nothwendig machte, als dasjenige, für welches der Schild eingerichtet war, so näherte man sich dennoch schon gleich Anfangs demselben soviel irgend möglich war, um beim weitern Vorrücken sogleich von den Schutzmaafsregeln vollständig Gebrauch machen zu können. Der Bau schritt Anfangs, ohne übermäfsige Schwierigkeiten zu bieten, ganz nach Wunsch vor. Am Schluſs des Jahrs war die Ausmaurung des Schachtes auf 350 Fuſs vollendet, und zwei Einbrüche im Schilde zur Zeit hoher Fluthen hatten nur kurze Unterbrechungen veranlafst, doch aber die Ueberzeugung verschafft, dafs der Schild zu schwach sei, und für den ganzen Bau kaum ausdauern würde. Die grofse Schwierigkeit, ihn in den einzelnen Theilen zu erneuern, schien indessen den Versuch zu rechtfertigen, ihn noch ferner beizubehalten, da namentlich bei der gröfsern Uebung der Arbeiter der Bau nunmehr schneller fortschritt, als im Anfang, und hierdurch die Dauer der Benutzung des Schildes sich sehr abzukürzen versprach.

Am 2. Januar 1827 erfolgte ein ziemlich bedeutender Einbruch. Er war dadurch veranlafst, dafs man in ganz durchweichtem Boden arbeitete, der die Bohlenstücke gar nicht mehr gehörig von Aufsen stützte. Zugleich drangen übermäfsige Wassermassen ein, welche die Dampfmaschine nicht mehr gewältigte, und der Schild bewegte sich oft nicht in der gehörigen Richtung, so dafs man die Seitenmauern ansehnlich schwächer halten mufste, als sie sein sollten. Nichts desto weniger wurde die Arbeit bald wieder begonnen und rasch fortgesetzt. Man schritt in jeder Woche durchschnittlich 12 Fuſs vor, und an einzelnen Tagen gelang es sogar den Stollen 3 Fuſs weiter zu führen.

Die Arbeit wurde indessen immer bedenklicher. In einer Taucherglocke hatte man Ende April das Flufsbette untersucht und dabei einen Hammer und eine Hacke verloren. Beide fand man in den ersten Tagen des Mai vor dem Schilde wieder. Es ergab sich also, dafs ein ganz weicher Boden den Stollen überdeckte. In dieser Zeit sollen noch einige Schiffe vor dem Tunnel Anker geworfen und dadurch die Gefahr vergröfsert haben. Am 18. Mai drang plötzlich das Wasser in reinen Strahlen durch alle

Fugen, und nahm bald so überhand, dafs die Maschine es nicht mehr beseitigen konnte. Die Arbeiter entflohen und der Tunnel, der damals 550 Fufs lang war, füllte sich mit Wasser an.

Die nunmehr angestellten Tiefenmessungen ergaben, dafs vor dem Schilde ein 36 Fufs tiefes, trichterförmiges Loch sich gebildet hatte. Auf der Ostseite lag die Mauer frei im Flufsbette, so dafs man in der Taucherglocke seine äufsere Fläche sehn konnte. Es blieb unter diesen Umständen nichts andres übrig, als die Vertiefung wieder zu füllen. Man versenkte 2500 Tons Klaierde, die man in Säcke gefüllt hatte. Damit aber nicht etwa die ganzen Säcke durch die Oeffnungen in den Schild hineingetrieben werden möchten, stiefs man durch jeden mehrere Haselstöcke hindurch, deren Enden auf beiden Seiten etwa einen Fufs weit vorragten. Aufserdem wurden auch bedeutende Quantitäten Kies dazwischen geschüttet. Die Dampfmaschine konnte nunmehr wieder das Wasser bewältigen und am 21. Juni war eine Besichtigung des Tunnels möglich. Der Schild hatte nicht gelitten, aber sich stark verstellt, auch war soviel Erde hineingetrieben, dafs die Herausschaffung derselben die Wieder-Aufnahme der Arbeit sehr verzögerte.

Endlich in der Mitte des August konnten die Zellen wieder besetzt, und der Stollenbau aufs Neue begonnen werden. Dabei traten aber andre Schwierigkeiten und Gefahren ein. Die eingeschüttete Erdmasse kam, wenn man sie fortgrub, oft plötzlich in starke Bewegung, und die einzelnen Theile der Rahmen zerbrachen, so dafs man sie fortwährend erneuern und verstärken mufste. Die Arbeit schritt dabei sehr langsam vor. Manche weniger bedeutende Einbrüche des Wassers unterbrachen sie auch wiederholentlich. In den ersten Tagen des Jahres 1828 war man seit dem Wiederbeginn der Arbeiten nur um 50 Fufs weiter gekommen, als am 12. Januar der bedeutendste Einbruch statt fand. Es hatte sich der Fall schon oft wiederholt, dafs beim Ausheben eines Bohlenstückes die Erdmasse anfangs ziemlich fest zu stehn schien, aber nach und nach in Bewegung kam und alsdann in grofsen Klumpen hinein brach. Man pflegte sie alsdann durch eingestopftes Stroh zum Stehn zu bringen. Ein solcher Fall ereignete sich auch an diesem Tage, während Brunel gerade zugegen war. Das Verstopfen und Wiedereinstellen der Bohle glückte aber diesesmal

nicht, und die Erde wurde nach und nach dünnflüssiger, woher Brunel einen sehr gefährlichen Einbruch voraus sah, und den Arbeitern zurief, dafs sie sich entfernen sollten. Er selbst begab sich in die nächste Zelle, um den weitern Verlauf noch zu beobachten. Drei Arbeiter blieben bei ihm. Plötzlich drang statt der Erde, Wasser hindurch, und die Masse desselben war augenscheinlich viel gröfser, als dafs die Dampfmaschine die Anfüllung des Tunnels hätte verhindern können. Da begab sich Brunel mit den drei Arbeitern auf den Rückweg, doch kaum waren sie eine kurze Strecke gegangen, als mit heftigem Getöse die Einströmungs-Oeffnung sich sehr erweiterte. Die Luft kam dabei so in Bewegung, dafs die Lichte erloschen, und unglücklicher Weise stürzten gleichzeitig die Lehrbogen und Rüstungen zusammen und fielen auf die vier Leute, Brunel raffte sich auf und erreichte den andern Fahrweg, der von Geräthschaften frei gehalten war. Er stand hier eine kurze Zeit still, und rief seine Gefährten, aber das Wasser stieg sehr schnell, er mufste eilen und konnte zuletzt nur durch Schwimmen die Treppe erreichen. Seine Begleiter ertranken.

Manche Untersuchungen wurden noch vorgenommen, theils mit der Taucherglocke und theils auch im Innern, nachdem die Auskolkung gefüllt und das Wasser ausgepumpt war. Das Mauerwerk wurde unbeschädigt gefunden, aber der Schild war zerbrochen und ganz verschoben. Jedenfalls waren sehr bedeutende Kosten zum Wiederbeginn der Arbeiten erforderlich und wenn auch Brunel die Versichrung gab, dafs mittelst der Taucherglocke und sorgfältiger Sicherung des Grundes ähnliche Unfälle für die Zukunft vermieden werden könnten, sobald der Schild durch gehörige Verstärkung und Erneuung einzelner Theile wieder in Stand gesetzt sein würde, so war doch das Zutrauen zum ganzen Unternehmen so sehr erschüttert, auch die Geldmittel vollständig erschöpft. Die Arbeit mufste daher ganz unterbrochen werden.

Im Jahre 1835 bewilligte endlich das Parlament die nöthigen Summen zur Fortsetzung. Im März 1835 wurde der Bau wieder aufgenommen, und im September 1841, als ich die Arbeit sah, war man bereits soweit unter das nördliche Ufer gekommen, dafs ein enger Schacht die Verbindung mit demselben darstellte. Welchen Schwierigkeiten man begegnet hatte, liefs sich auch damals noch

erkennen, indem bald mehr, bald minder flüssig, die Schlammassen überall hervorquollen und oft in starken Strahlen herausspritzten.

Im nächsten Jahre wurde der Tunnel vollendet. Seine ganze Länge beträgt 1200 Fuſs. Nachdem auf dem nördlichen Ufer in gleicher Weise, wie auf dem südlichen noch ein Treppenthurm herabgeführt war, fand endlich am 25. März 1843 die feierliche Eröffnung statt, und seitdem dient der Tunnel zum Durchgange für Fuſsgänger. Zwei Fahrwege von 11 Fuſs Breite und nur durch einzelne Säulen zwischen den Fuſsgänger-Banketen von einander getrennt führen unter der Themse hindurch, die Zugänge sind indessen nur durch gewöhnliche Wendeltreppen dargestellt, die für Fuhrwerk nicht nutzbar sind. In dem durch Gas erleuchteten Tunnel sind Läden eingerichtet, während wenige Fuſsgänger, wahrscheinlich meist Fremde, hindurchgehn, da es viel bequemer und sogar wohlfeiler ist, sich übersetzen zu lassen, als nahe 70 Fuſs herab und eben so hoch wieder heraufzusteigen, und dafür einen Schilling zu bezahlen.

§. 90.

Durchlässe und Brückencanäle.

Indem die Canäle zuweilen von einer Seite des Thals auf die andre geführt werden, so kreuzen sie den Bach oder den Fluſs der das Thal bildet. Auſserdem dürfen sie auch die Seitenzuflüsse, denen sie begegnen, nicht absperren, vielmehr müssen auch diese unbehindert ihren Weg nach dem Hauptwasserlauf des Thals fortsetzen. Auf solche Art bilden sich bei den meisten Canälen vielfache Kreuzungen mit kleinern und gröſsern Bächen und zuweilen selbst mit Flüssen. Es entsteht die Frage, wie man diese am passendsten anzuordnen hat.

Bei Canälen, welche im Fluſsbett selbst angelegt sind, wie etwa beim Finow-Canal, kommen dergleichen Kreuzungen nicht vor, da die Canäle selbst die tiefsten Schläuche der Thäler bilden. Das Wasser flieſst ihnen von beiden Seiten zu, und man muſs dasselbe, wenn man das anschlieſsende Terrain nicht inundiren, oder noch durch besondre Grabenanlagen für die

Vorfluth sorgen will, ungehindert eintreten lassen. Die bereits erwähnten Uebelstände, nämlich die Versandung und die Zuführung sehr grofser Wassermassen sind hierbei unvermeidlich.

In frühern Zeiten pflegte man auch bei andern Canälen, die sich zur Seite eines natürlichen Wasserlaufs hinzogen, alle Zuflüsse des letztern, die den Canal kreuzten, hineintreten zu lassen, während man, wenn sie zu viel Wasser lieferten, das nicht mehr füglich durch die Schütze der Schleusen abgeführt werden konnte, dieses durch gewisse Wasserlösen an der Thalseite nach dem Flufs oder Bach ableitete. Bei Anlage des Canals du Midi ist ursprünglich in dieser Art verfahren, weil man es für zu bedenklich hielt, unter dem Canal auch nur den kleinsten Bach hindurch fliefsen zu lassen. Den Versandungen glaubte man aber dadurch vorzubeugen, dafs man die Bäche aus gewissen Bassins, worin das Material sich niederschlagen sollte, eintreten liefs. Diese Vorsicht zeigte sich indessen ungenügend, und man hat daher später eine Anzahl Durchlässe erbaut, um das fremde Wasser ganz getrennt vom Canal unter demselben hindurchzuführen.

Noch viel weniger war der Canal du Midi, so oft er gröfsere Bäche kreuzte, auf Brücken über dieselben geleitet. Er trat vielmehr von der einen Seite in sie hinein, und setzte sich gegenüber wieder fort. Bei kleinem Wasserstande, und wenn alle Sand- und Kiesablagerungen beseitigt waren, bot der Uebergang der Schiffe freilich keine Schwierigkeit. Sobald aber Hochwasser eintrat, was bei diesen Gebirgsflüssen sehr schnell erfolgt, so war nicht nur die Schiffahrt unterbrochen, sondern die Fluthen verbreiteten sich auch über die ganzen Canalhaltungen und füllten dieselben mit dem Material an, welches sie mit sich führten. Auf diese Art war nach dem Verlauf des Hochwassers die Schiffahrt gesperrt, bis man durch Baggern die Tiefe wieder hergestellt hatte.

Besonders bei der Kreuzung des Libronbaches waren diese Verflachungen überaus störend, indem sie sich bis 500 Ruthen weit in den Canal erstreckten. Im Jahr 1766 erbaute man daher ein Floss mit Seitenwänden und mit Klappen an jedem Ende, welches wie eine schwimmende Brücke, sobald der Libron zu wachsen anfing, über den Canal geschoben wurde, und worin der Flufs wie in einer Rinne herüberströmte, ohne sich mit dem Canal zu vereinigen. Nichts desto weniger drang durch die Fugen des Flosses dennoch

soviel Sand hindurch, dafs der Zweck keineswegs erreicht war. Zehn Jahre später wurde daher ein Prahm mit festem Deck und gleichfalls mit Seitenwänden erbaut, der auf dem Wasser schwamm oder zu Boden sank, je nachdem er gefüllt oder leer war. Indem man ihn gewöhnlich leer schwimmen liefs, so konnte er leicht, sobald der Libron anschwoll an die passende Stelle gebracht und herabgelassen werden, worauf alsdann die Fluthen herüberstürzten, ohne dafs durch die Fugen des festen Decks und der Seitenwände der Sand hindurch fiel. Nachdem die Anschwellung vorüber war, wurde mittelst einer Archimedischen Schnecke der Prahm entleert. Er hob sich alsdann, und sobald er schwimmend zurückgeführt war, konnte die Schiffahrt wieder eröffnet werden. Diese Einrichtung wurde als sehr zweckmäfsig gerühmt, obwohl kaum zu erwarten, dafs der Prahm bequem zu handhaben und dicht schliefsend einzustellen gewesen wäre, namentlich wenn der Flufs schon zu wachsen anfing. Dafs übrigens das Bette des Flusses an dieser Stelle mit Mauern eingefafst war, zwischen welche der Prahm genau pafste, bedarf kaum der Erwähnung.

Doch auch dieser Prahm entsprach keineswegs dem Bedürfnifs, weil bei der Benutzung desselben die Schiffahrt jedesmal mehrere Tage unterbrochen wurde. Man wählte daher in neurer Zeit eine andre eigenthümliche Anordnung. Das Bett des Libron wurde nämlich in zwei Arme gespalten und auf der Insel dazwischen befand sich ein kleiner Hafen zur Aufnahme von einem oder zwei Schiffen, der mit dem Canal auf beiden Seiten in Verbindung steht. Das Hochwasser des Libron wird nun in dem einen, oder dem andern Arm über den Canal fortgeleitet, und zwar in je sechs eisernen Rinnen von etwa 7 Fufs Weite, und während diese in einem Arm den Bach abführen, kann der andre Arm des Libron gesperrt werden, und die Verbindung des Canals mit dem Hafen ist hier für die Schiffahrt offen. Nachdem die Schiffe durchgegangen sind, wird der Bach über diesen Arm geleitet, und die freie Verbindung mit der gegenüberliegenden Canalstrecke dargestellt. Jede Rinne besteht aus zwei Theilen, die man, sobald sie den Bach aufnehmen sollen, von beiden Canalufern aus aneinander schiebt. Sie hängen mittelst eiserner Stangen an Rollen, welche auf Schienen laufen und letztere ruhn auf massiven Bogen, unter welchen die Schiffe bequem hindurchfahren können. Vor den

Rinnen, die nur bei den höchsten Anschwellungen sämmtlich übergeschoben werden, befinden sich Schütze, welche sie sicher abschliefsen*). 1857 sah ich den Anfang dieses Baues. Ob derselbe seinen Zweck vollständig erfüllt hat, ist nicht bekannt geworden.

Der Canal de la Radelle ist in andrer Weise durch den Flufs Vidourle geführt. Letzterer ist nämlich zu beiden Seiten mit Mauern eingefafst, und in diesen befinden sich Oeffnungen, die der Gröfse der Canalschiffe entsprechen. Jede dieser Oeffnungen ist mit einem Schütz versehn, das gewöhnlich so hoch hängt, dafs die Schiffe ungehindert darunter fahren können, es wird aber in dieser Stellung theils durch ein Gegengewicht, und theils durch Haken gehalten. Sobald der Flufs anschwillt, was sehr plötzlich geschieht, so darf der Wärter nur den Haken herausschlagen, worauf die Schütze von selbst herabfallen und zu beiden Seiten die Verbindung mit dem Canal sperren.

Hieran schliefst sich diejenige Methode der Kreuzung, die man bei grofsen Strömen unbedingt wählen mufs, und die man selbst bei kleinern Flüssen zuweilen gewählt hat. Sie besteht darin, dafs man die beiderseitigen Canäle ganz von einander trennt, und jeden derselben in der Art in den Strom münden läfst, als ob sie nur mit diesem verbunden werden sollten. Die mit Kohlen beladnen Schiffe, welche den Canal, Lehigh-Navigation genannt, herabkommen, fahren bei Easton über den Delavare in den Morris-Canal, um New-York zu erreichen. Beide Canäle, obwohl ihre Mündungen in den Delavare einander gegenüber liegen, stehn aber unter sich in keiner Verbindung, und jeder derselben tritt mittelst einer Schleuse in den Strom ein.

Nach demselben Princip hatte man auch den Canal du Midi über den Orb-Flufs geleitet. Die beiderseitigen Mündungen waren mit Schleusen versehn. Da jedoch der Flufs bei kleinem Wasser nicht die nöthige Fahrtiefe hatte, so mufste er unterhalb durch ein Wehr aufgestaut werden. Vor diesem Wehr fahren die Schiffe von dem einen Ufer zum andern, indem eine aufgesetzte Wand, gegen welche sie sich lehnen, das Herübertreiben über das Wehr verhindert. Es traten indessen bald Versandungen ein, und man führte daher vom linken Ufer aus eine einzelne vortretende declinante

*) Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen. Jahrgang 1869, Seite 75.

Buhne bis nahe an das rechte Ufer. Das Wehr, welches vom rechten nach dem linken Ufer stromabwärts geneigt war, wurde dagegen an der Seite des linken Ufers mit einer Oeffnung versehn, und sonach bildete man im Flufsbette eine sehr scharfe Serpentine, deren Uebergang vom rechten auf das linke Ufer den Weg für die Canalschiffe darstellt. Hierbei wurde augenscheinlich der Vortheil aufgegeben, dafs die beiden Mündungen einander gegenüber lagen. Die Schiffe, welche von dem rechten nach dem linken Ufer fahren, gehn mit dem starken Strom herab, in entgegengesetzter Richtung müssen sie aber mit grofser Mühe aufgewunden werden, und in beiden Fällen ist der Uebergang, namentlich bei etwas höhern Wasserständen, mit Gefahr verbunden.

Bei gröfsern Strömen, die selbst schiffbar sind, läfst sich die Verbindung mit den sie kreuzenden künstlichen Schiffahrtswegen nicht füglich umgehn und dieselbe ist sogar nothwendig, um die Schiffe aus den Canälen in die Ströme, und umgekehrt, gelangen zu lassen. In allen übrigen Fällen pflegt man dagegen in neurer Zeit die Wasserläufe, denen ein Canal begegnet, so zu kreuzen, dafs sie nicht in Verbindung gesetzt werden. Wenigstens sorgt man dafür, dafs eine solche Verbindung, wenn sie bei kleinem Wasser auch besteht, und zur Speisung des Canals dient, doch aufgehoben werden kann, sobald höhere Wasserstände eintreten und eine Ueberlastung des Canals oder ein starkes Eintreiben von Sand und Kies besorgt werden kann. Eine Anordnung dieser Art ist bereits §. 83 beschrieben und Fig. 367 auf Taf. LIII dargestellt worden.

Am häufigsten geschieht es, wie auch in dem so eben erwähnten Fall, dafs der Bach oder Flufs unter dem Canal hindurch geführt wird, also dieser in gröfsrer Höhe, als jener sich befindet. Eine solche Anordnung bietet insofern die mindesten Schwierigkeiten bei der Ausführung, als die natürlichen Bachbetten schon die tiefsten Einsenkungen des Bodens zu verfolgen pflegen. Nichts desto weniger kommt es auch vor, dafs man kleine Wasserläufe, namentlich künstliche Leitungen, in Gerinnen darüber führen mufs. Besonders geschieht dieses mittelst Röhren, wenn feste Brücken über den Canal erbaut sind.

Die Ueberführung eines schiffbaren Canals über einen Bach oder Flufs ist nicht wesentlich von einer gewöhnlichen Brücken-

anlage auf Straſsen oder Eisenbahnen verschieden, sie ist nur in sofern schwieriger und mit gröſsrer Sorgfalt auszuführen, als in diesem Fall die Bedingung hinzutritt, daſs die Brücke wasserdicht sein muſs. Sie verliert aber diese Eigenschaft leicht, da bei jedem Setzen des Gewölbes, oder beim Nachgeben eines Pfeilers oder eines Widerlagers Risse entstehn, welche die Wasserdichtigkeit aufheben.

Die Gröſse der Durchflufsöffnung einer Brücke bestimmt sich aus der Wassermenge, welche der Bach oder Fluſs zur Zeit seiner stärksten Anschwellung abführt. Es genügt freilich schon, die kleinste Oeffnung zur Abführung der gröſsten Wassermenge, wenn die entsprechende Druckhöhe sich davor bilden kann. So lange nämlich nicht so viel Wasser abfliefst, als zufliefst, so steigt das Wasser vor der Brücke, die Druckhöhe nimmt also zu, und mit ihr die Geschwindigkeit, woher der Abfluſs sich verstärkt. Dieses geschieht so lange, bis endlich der letztere dem Zufluſs gleich wird. Nichts desto weniger, ist es bei Brückenanlagen nicht zulässig, die Stauhöhe und die Geschwindigkeit zu sehr zu vergröſsern. Eine übermäſsige Geschwindigkeit des hindurchströmenden Wassers würde nämlich die Brücke selbst in Gefahr setzen, auch kann das weiter abwärts belegene Terrain dabei leiden. Namentlich entstehn dicht hinter einer sehr engen Durchfluſsöffnung tiefe Auskolkungen, welche die Fundirung der Brückenpfeiler gefährden. Stehn diese auf festem Felsboden, so ist die Gefahr geringer, und wenn man aufserdem recht dauerhafte Steine und guten Mörtel angewendet hat, so ist eine starke Geschwindigkeit des Wassers, die vielleicht 15 bis 20 Fuſs in der Secunde beträgt, in besonders hohen Fluthen noch zulässig. Dabei kommt freilich noch der Umstand in Betracht, ob vielleicht in solchem Fall Baumstämme und dergleichen massenhafte Körper hindurchtreiben, die durch den Stoſs gegen die Brücke diese beschädigen könnten. Wenn eine Besorgniſs solcher Art besteht, wird man zu starke Geschwindigkeiten vermeiden müssen. Bei Fundirungen auf aufgeschwemmtem Boden pflegt man die Geschwindigkeit selbst in den äufsersten Fällen nicht über 8 bis 10 Fuſs anwachsen zu lassen.

Gewöhnlich ist die Rücksicht auf die Erhebung des Wasserspiegels vor der Brücke in noch höherem Grade maafsgebend. Jedenfalls darf das Wasser nicht so hoch steigen, daſs es über die

Dämme oder die Seitenmauern in den Canal tritt. Man wird aber, um dieses sicher zu verhindern, den äufsern Wasserspiegel nicht entfernt diese Höhe erreichen lassen. Aufserdem darf der durch die Brücke verursachte Stau auch nicht den umliegenden Aeckern, Gärten oder Gebäuden nachtheilig werden, und endlich pflegt man, wenigstens bei gröfsern überwölbten Oeffnungen, den Wasserspiegel auch nicht über die Anfänge der Bogen steigen zu lassen, damit schwimmende Körper und namentlich Eisschollen hindurchtreiben können, ohne an das Gewölbe zu stofsen.

Wenn die gröfste Wassermenge bekannt wäre, welche der Bach oder Flufs bei besonders starken Anschwellungen abführt, so liefse sich mit Rücksicht auf das vorhandene Gefälle, die Weite und Höhe der Oeffnungen leicht bestimmen. Man hat indessen im Allgemeinen niemals Gelegenheit, die gröfste Wassermege direct zu messen. Näherungsweise kann man dieselbe aus der Ausdehnung des Flufsgebietes finden (Theil I. § 6), indem man annimmt, dafs von jeder Quadratmeile 300 bis 600 Cubikfufs in der Secunde abfliefsen. Bei kleinern Gebieten und für Gebirgsgegenden gilt die letzte Zahl, für Ebnen und ausgedehnte Flufsgebiete dagegen die erste. Auch kann man aus den Profilen von Brücken, die über dieselben Wasserläufe und zwar in der Nähe bereits erbaut sind, auf deren Angemessenheit schliefsen. Werden die Brücken heftig durchströmt oder auch wohl überströmt, so wird man ein gröfsres Profil wählen müssen, dagegen genügt ein kleineres, wenn grofse Sand- und Kiesmassen sich darunter abgelagert haben. Man darf aber die Gefälle bei dieser Untersuchung nicht unbeachtet lassen. In ähnlicher Weise können auch besonders enge Profile in der Nähe, die von wasserfreien Ufern eingeschlossen sind, zum Anhalt dienen, wenn man sichere Nachrichten über das Verhalten der Strömung daselbst zur Zeit der höchsten Fluthen einziehn kann.

Demnächst pflegt man die Durchflufsöffnungen, wenn auch nur geringe Wassermassen hindurchgeführt werden, doch so hoch und weit zu machen, dafs man hindurchgehn kann, um theils die nöthigen Räumungen, theils auch bei Reparaturen das Ausfugen der Mauern vornehmen zu können. Wenn dagegen die abzuführende Wassermenge ein weites Profil fordert, ohne dafs es aus andern Gründen, wie etwa mit Rücksicht auf den Eisgang, nöthig wäre, eine einzelne weite Durchflufsöffnung darzustellen, so liegt

gemeinhin ein grofser Vortheil darin, Zwischenpfeiler anzubringen und die Oeffnung in mehrere kleinere zu zerlegen. Dieses Verfahren findet nicht nur bei gröfsern Brückencanälen Anwendung, sondern auch bei Durchlässen. Der Vortheil dabei bezieht sich aber nicht allein auf die gröfsere Festigkeit eines kleinern Bogens, sondern häufig ist bei der gegebenen Höhenlage des Canals die Darstellung einer gröfsern Pfeilhöhe des Gewölbes und eines weit gespannten Bogens unzulässig.

Sind die Durchflufsöffnungen nur geringe, so pflegt man, wie auch bei Durchlässen unter Strafsen geschieht, diese unter den beiderseitigen Dossirungen des Dammes fortzusetzen. Bei gröfsern Oeffnungen ist es dagegen wohlfeiler, das Gewölbe nur unter dem Bette des Schiffahrtscanals und den Leinpfaden auszuführen, und letztere gegen Stirnmauern zu lehnen.

Von den Vorsichtsmaafsregeln, die man anwendet, um Filtrationen vorzubeugen, wird später ausführlicher die Rede sein, hier wäre in Betreff der Durchlässe, die mit Erde überschüttet werden, nur zu erwähnen, dafs man in den beiderseitigen Canaldämmen zuweilen niedrige Mauern, ähnlich den sonstigen Stirnmauern, über die Gewölbe stellt, die, mit letztern gehörig verbunden, denselben Zweck, wie Heerdmauern haben, nämlich die Wasseradern, die sich etwa längs der Fuge zwischen dem Gewölbe und der Erde hinziehn möchten, zu unterbrechen. Das Gewölbe wird mit einer wasserdichten und nach beiden Seiten abfallenden Abdeckung versehn, und die Erde darüber in dünnen Lagen aufgebracht und festgestampft. Die Sohle des Canals mufs über den Durchlässen aber jedesmal noch besonders gedichtet werden (§ 87).

Zuweilen ist der Boden an der Stelle, wo der Canal einen Bach kreuzt, so sumpfig und lose, dafs die Fundirung besonders schwierig erscheint. Alsdann ist es angemessen, eine Verlegung des Bachbettes vorzunehmen und den Durchlafs auf festern Grund zu stellen. Man erreicht dabei noch den Vortheil, dafs man den Bau entweder ganz im Trocknen ausführen kann, oder doch wenigstens der Bach, der erst später hineingeleitet wird, während dieser Zeit davon entfernt bleibt. Aufserdem mufs der Durchlafs an einer Stelle sich befinden, wo der Bach einen ziemlich regelmäfsigen Lauf hat, und man mufs seine Ufer in der Nähe decken, damit dieselben nicht abbrechen und dadurch Einrisse entstehn, die

den Durchlafs gefährden könnten. In vielen Fällen hat man in der Anordnung der Durchlässe freie Wahl, und man verlegt sie alsdann, besonders wenn es sich nur um kleine Wasserläufe handelt, oft auf ziemlich weite Entfernungen. Auch kann man in dieser Weise mehrere kleine Bäche verbinden, und sie in einem gemeinschaftlichen Durchlafs unter dem Canal hindurchführen. Zuweilen leitet man sie bis zur nächsten Schleuse und läfst sie unter dem Oberboden derselben, in welchem man einen überwölbten Canal darstellt, auf die andere Seite treten. Diese Anordnung ist indessen nicht zu empfehlen, weil das Mauerwerk der Schleuse dabei leicht leidet.

Häufig tritt der Uebelstand ein, dafs der Bach nicht tief genug unter dem Canal liegt, um unter der Sohle desselben noch hindurchgeführt zu werden. Hat der Bach weiter abwärts ein starkes Gefälle, so kann man leicht durch Vertiefung seines Bettes ihn schon vor dem Eintritt in den Durchlafs senken, oder man kann ihn auch mit Benutzung dieses Gefälles eine Strecke weit zur Seite des Canals führen, und ihn erst hindurchleiten, sobald er sich tief genug gesenkt hat. Zuweilen ist es auch zulässig, den Bach in einem tiefen Graben um die nächst oberhalb gelegene Schleuse, woselbst der Canal in gröfserer Höhe sich befindet, herumzuführen und dadurch die erforderliche Niveau-Differenz darzustellen. Jedenfalls empfiehlt es sich aber, den Seitenbach, der den Canal kreuzt, so zu senken, dafs er mit gehörigem Gefälle unter diesem hindurchfliefsen kann.

Man hat indessen häufig auf andre Art dieser Verlegenheit zu begegnen gesucht, nämlich mittelst der sogenannten heberförmigen Durchlässe. Die Benennung ist insofern nicht passend, als ein solcher Durchlafs, der tiefer als der Bach liegt, in den das Wasser also von einer Seite herabstürzt, und aus dem es auf der andern Seite wieder bis zu seiner frühern Höhe ansteigt, kein eigentlicher Heber ist. Man mufs in diesem Fall den Durchlafs auf beiden Seiten mit Kesseln oder Brunnen versehn, auch die Canaldämme so erhöhn, dafs sie beim Anschwellen des Baches nicht überströmt oder durchbrochen werden. Im Uebrigen bietet eine solche Anlage in der Ausführung keine Schwierigkeit, wohl aber stellt sich dabei später leicht der Uebelstand ein, dafs schweres Geschiebe, welches der Bach mit sich führt, durch den Fallkessel

herabstürzt, aber auf der andern Seite nicht wieder herausgetrieben wird. Es füllt sich also nach und nach der Durchlafs an. Aber auch selbst das feine Material wird bei schwacher Strömung darin niedergeschlagen, und lagert sich gemeinhin so fest, dafs es auch bei der starken Strömung nicht gelöst und entfernt wird. Man mufs daher künstliche Räumungen vornehmen. Diese sind aber mühsam, selbst wenn der Bach zu Zeiten ganz versiegt. Man mufs zunächst das Wasser aus dem Durchlafs ausschöpfen, und wenn dieses geschehn ist, das Material nicht nur lösen und ausgraben, sondern es in dem Brunnen auch bis zur Höhe des Terrains heben. Bei dem Canal du Midi und andern Canälen hat der erwähnte Uebelstand sich als höchst erschwerend zu erkennen gegeben. Man hat ihn zuweilen dadurch etwas zu mäfsigen versucht, dafs man den Brunnen, aus welchem das Wasser abfliefst, in einen offenen Graben mit flach ansteigender Sohle verwandelt hat. Man erreicht dadurch allerdings den Vortheil, dafs man das abgegrabene Material bequemer aus dem Durchlafs auskarren kann, aber der gröfsere Querschnitt giebt wieder Veranlassung, dafs die Niederschläge um so stärker sind, und ihre Masse wird hierdurch keineswegs vermindert.

Eine andre Gefahr, welche diese Anordnung veranlafst, bezieht sich auf den starken Druck, dem das Gewölbe des Durchlasses von der untern Seite ausgesetzt wird. Beim Seitencanal der Oise schwoll nach Minard's Mittheilung ein in solcher Art durchgeführter Bach etwa 3 Fufs hoch über den Wasserspiegel im Canal an, und obwohl die Seitendämme seinen Eintritt in den letztern verhinderten, so gab das Gewölbe des Durchlasses nach und wurde aufgehoben. Am Canal du Centre hat man diesem Uebelstande dadurch zu begegnen gesucht, dafs man über das eigentliche Gewölbe des Durchlasses noch ein zweites und zwar ein verkehrtes spannte, welches sich gegen dieselben Widerlager, wie das untere, lehnte. Augenscheinlich erhält indessen hierbei die Decke des Durchlasses eine bedeutend gröfsere Höhe, oder man mufs den Durchlafs um so tiefer senken, und der oben erwähnte Uebelstand der Anfüllung desselben mit Erde und Steinen tritt alsdann um so leichter ein.

Statt massiver Durchlässe sind zuweilen auch hölzerne aus-

geführt. Ihre Anwendung ist indessen wegen der geringen Dauerhaftigkeit des Holzes um so weniger zu empfehlen, als bei der Ueberschüttung mit Erde die Reparaturen sehr schwierig sind.

Dagegen lassen sich die Durchlässe in vielen Fällen sehr vortheilhaft durch gufseiserne Röhren ersetzen. Bei der gewöhnlichen Verbindung der einzelnen Röhrenstücke durch Vergiefsen mit Blei, behält der ganze Strang einige Biegsamkeit, ohne dafs dabei seine Wasserdichtigkeit leidet. Dieser Umstand ist von grofser Wichtigkeit, insofern er, wenn der Boden nicht gar zu lose ist, die Ausführung eines festen Fundamentes unter der Röhrenleitung entbehrlich macht. Man braucht alsdann die Röhre nur auf den gehörig geebneten und angestampften Boden zu verlegen, und um die Dossirungen der Dammschüttung dem Angriff zu entziehn, die beiden Mündungen mit kleinen Stirn- und Flügelmauern einzuschliefsen. Wenn auch ein geringes Setzen des Dammes alsdann eintritt, so nimmt die Röhrenleitung hieran Theil, ohne dadurch in ihrer Wirksamkeit zu leiden. Man kann auf diese Art ziemlich bedeutende Wassermassen abführen, wenn man der Röhre einen entsprechenden Durchmesser giebt. Zuweilen ist dieser zu 3 Fufs angenommen, und es hindert nichts, auch mehrere solche Röhren neben einander zu legen.

Man hat mehrfach diese Leitungen so angeordnet, dafs sie nicht unmittelbar vom Bache gespeist werden, ihre obere Mündung vielmehr in der Seitenwand eines gemauerten Brunnens liegt, der etwa 3 bis 4 Fufs tiefer ist. Der Zweck desselben ist kein andrer, als der eines Schlammkastens. Er nimmt nämlich das Geschiebe auf, welches der Bach mit sich führt und verhindert dadurch das Verstopfen der Röhre. Doch ist es vortheilhaft, die Leitung so anzubringen, dafs man von beiden Enden aus mittelst geeigneter Apparate die Räumung, so oft es nöthig ist, vornehmen kann. Bei dem Canal St. Martin hat man die Leitung frei auf die Sohle des Canalbettes gelegt, um ohne Aufgrabungen dieselbe untersuchen, und wenn es nöthig ist, auch aufnehmen und vollständig reinigen zu können. Das Canalbette ist nämlich an diesen Stellen so viel vertieft, als die Röhren im äufsern Durchmesser hoch sind. Zwei Röhrenstücke greifen durch die beiderseitigen Mauern und sind darin gehörig befestigt. Die dazwischen oder im Canal selbst be-

findlichen Röhrenstücke sind aber durch aufgeschobene Muffen mit jenen und unter sich verbunden, so dafs sie leicht gelöst und wieder verlegt werden können.

Man kann solche Röhren, auch ohne Filtration zu besorgen, durch Schleusen hindurchführen. Minard erwähnt, dafs unter der Schleuse bei Arles auf diese Weise ein starker und zwar hoch gelegener Bach hindurchgeleitet worden. Bei der tiefen Lage des Canals mufste der Bach auf der einen Seite der Schleuse 19 Fufs gesenkt, und auf der andern eben so hoch wieder gehoben werden. Zwei gufseiserne Röhrenleitungen, jede von 3 Fufs 2 Zoll lichter Weite, sind in der einen Mauer des Oberhauptes senkrecht herabgeführt, gehen alsdann horizontal unter dem Oberboden hindurch, und steigen auf der andern Seite in der Mauer wieder herauf. Um das Eintreiben des gröbern Kieses zu verhindern, ist ein eisernes Gitter vor die obere Mündung gestellt. Die feinern Stoffe werden aber durch die Strömung des Wassers auf der andern Seite wieder gehoben und herausgeführt. Wenigstens war, nachdem die Leitung fünf Jahre hindurch in Wirksamkeit gewesen, noch keine Veranlassung zu einer künstlichen Räumung geboten.

Wenn der Schiffahrts-Canal nicht einen Bach, sondern einen Flufs kreuzt, so geschieht dies nicht mehr mittelst eines Durchlasses, sondern auf einem Brücken-Canal. Beide Arten von Bauwerken unterscheiden sich vorzugsweise durch ihre Gröfse von einander, aufserdem pflegt man aber mit der letzten Benennung nur einen solchen Bau zu bezeichnen, der eine vollständige Brücke mit Seitenwänden, wie Brustmauern bildet, wobei also, aufser dem Thonschlage, keine Erdschüttung angebracht ist. Es fehlen die Seitendossirungen, wie auch die innern Dossirungen der Leinpfade, und letztere bestehn entweder aus vollen Mauern, oder aus Holz oder Eisen, und ruhn auf gemauerten Pfeilern, zuweilen auch auf Bogen oder eisernen Säulen. Die Anordnung dieser Bauwerke stimmt, wenigstens im Aeufsern, mit der von gewöhnlichen Brücken überein, und man hat auf sie auch alle Constructionsarten angewendet, die bei letztern vorkommen. Nichts desto weniger besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden darin, dafs die Brückencanäle eine gröfsere Steifigkeit besitzen müssen, weil jede Bewegung die Besorgnifs erregt, dafs ihre Wasserdichtigkeit beeinträchtigt werden könnte.

Insofern die Anlagekosten eines Brückencanals nahe seiner Breite proportional sind, auch der Wasserverlust durch Filtration mit der Grundfläche, also mit der Breite zunimmt, so pflegt man den Canal möglichst zu verengen, und ihm keine gröfsere Breite, als in den unterirdischen Strecken zu geben. Aufserdem ist es namentlich in England nicht ungewöhnlich, den Leinpfad auf hölzerne oder eiserne Säulen zu stellen, damit unter denselben das Wasser am Schiffe vorbeifliefsen kann, wodurch der Widerstand beim Zuge wesentlich vermindert wird.

Das Gewicht eines Brückencanals ist im Allgemeinen bedeutender, als das einer andern Brücke, weil das Wasser darin, 4 bis 5 Fufs hoch gehalten werden mufs. Dieses Gewicht vergröfsert sich aber noch bedeutend, indem in Bezug auf die Wasserdichtigkeit gewisse Verstärkungen und besondere Vorkehrungen erforderlich werden.

Bei massiven Brückencanälen mufs aus diesem Grunde jeder Bogen stärker werden, als er sonst zu sein braucht, und sein gröfseres Gewicht erfordert wieder festere Widerlager und Mittelpfeiler. Die Construction ist mit derjenigen der gewölbten Brücken übereinstimmend, nur die Rücksicht auf Wasserdichtigkeit erfordert die Anwendung fester und dichter Steine und eines gut erhärtenden Mörtels, der auch vom Wasser nicht aufgelöst wird. Poröse Steine, die in andern Fällen zu Gewölben sehr brauchbar sind, dürfen unter einem Canal nicht vermauert werden. Durch den Brückencanal über die Schwarzach auf dem Main-Donau-Canal drang das Wasser wegen Undichtigkeit der Steine in grossen Massen hindurch, so dafs Tropfen in solcher Gröfse und Menge wie bei einem starken Gewitterregen niederfielen.

Die erforderliche Stärke der Bogen läfst sich insofern sicherer, wie bei gewöhnlichen Brücken ermitteln, als zufällige Belastungen beinahe ganz fehlen. Dafs die Wölbsteine nicht vergossen werden dürfen, sondern in volle Mörtelfugen eingesetzt werden müssen, bedarf kaum der Erwähnung. Da dieses aber bei Anwendung kleinerer Bausteine leichter und sicherer ist, als bei grofsen Werkstücken, so ist es vorzuziehn, die Gewölbe aus gebrannten Steinen, oder auch aus lagerhaften und roh bearbeiteten Bruchsteinen auszuführen. Jedenfalls ist es aber sehr nachtheilig, einzelne Ketten

von gröfsern Werksteinen an den Stirnen oder im Innern einzubinden, weil alsdann ein ungleichmäfsiges Setzen und das Entstehn von bedeutenden Rissen kaum vermieden werden kann.

Nachdem die Bogen ausgerüstet sind und sich gesetzt haben, übermauert man sie, und bringt alsdann gemeinhin noch mehrere Schichten fester flacher Steine auf, die gleichfalls in hydraulischem Mörtel vermauert werden. Darüber breitet man eine Bétonlage aus, und überdeckt dieselbe mit feinern Mörtelschichten, damit die Risse, welche sich beim Erhärten bilden möchten, durch die folgende Schicht unterbrochen werden. Man mufs aber durch sorgfältiges Ueberdecken mit Stroh ein zu schnelles Erhärten zu verhindern suchen, weil dadurch die Bildung solcher Risse befördert wird.

Auf diese Weise ist es allerdings möglich, eine vollständige Wasserdichtigkeit darzustellen, aber sehr schwierig ist es, dieselbe dauernd zu erhalten. Der Grund hiervon ist in den Veränderungen und Bewegungen zu suchen, welche das Mauerwerk und die Bogen später theils in Folge des Setzens, vorzugsweise aber bei der Ausdehnung und dem Zusammenziehn in der Wärme und Kälte erfahren. Man hat versucht, diesem Uebelstande durch Anwendung eines elastischen Ueberzuges zu begegnen, wozu der Asphalt sich wohl am besten eignet. Auf dem sehr bedeutenden Brückencanal über die Mosel bei Liverdun hatte man von diesem Mittel Gebrauch gemacht. Zwischen den Stirnmauern, welche die Leitpfade bilden, wurde in verschiedenen Lagen ein Bétonbette aufgebracht, das über den Pfeilern 3 Fufs 2 Zoll und über den Scheiteln der Bogen 1 Fufs 7 Zoll stark war. Durch sorgfältiges Bedecken mit Stroh hatte man das Reifsen des Bétons möglichst zu verhindern gesucht, und nachdem derselbe vollständig erhärtet war, brachte man eine nahe 7 Linien starke Lage Asphalt auf, in welche, während sie noch flüssig war, kleine flache Steinchen eingedrückt wurden. Auf diesen Mosaikboden wurde eine starke Lage Sand geschüttet, und darüber ein Pflaster von behauenen Steinen gebildet. Letzteres war nothwendig, um den Asphalt vor Beschädigungen beim Einsetzen der Stangen zu schützen. Als ich diesen Brückencanal sah, war er mit Wasser gefüllt, und in allen Brückenöffnungen, welche beim kleinen Wasserstande der Mosel zugänglich waren, zeigten sich die untern Flächen der Gewölbe vollkommen trocken, nur an

einer einzigen Stelle zur Seite eines Mittelpfeilers war das Mauerwerk etwas feucht. Die Wasserdichtigkeit war hier also beinahe vollständig erreicht, aber der Asphalt war auch erst in demselben Jahre aufgebracht und bedeutende Temperatur-Veränderungen seitdem noch nicht eingetreten.

Bei den in England vielfach ausgeführten massiven Brückencanälen hat man die Dichtung der Sohle nicht sowohl durch die Ueberdeckung mit Béton und hydraulischem Mörtel zu erreichen gesucht, obwohl auch dieses zuweilen geschehn ist, als vielmehr durch Anbringung einer Puddle-Bettung. Dieselbe erfüllt auch ihren Zweck, so lange der Canal mit Wasser gefüllt bleibt. Wenn man dagegen längere Zeit hindurch das Bette trocken läfst, und wenn vollends starker Frost eintritt, so reifst sie, und die undicht gewordenen Stellen lassen sich alsdann nicht anders, als durch Erneuung des Puddle's wieder schliessen.

Die Darstellung eines wasserdichten Anschlusses der Erdschüttungen in den beiderseitigen angrenzenden Strecken an den massiven Brückencanal ist schwer darzustellen und in verschiedenen Temperaturen noch schwerer zu erhalten. Man pflegt wohl, um einen allmähligen Uebergang zu bilden, der Erde in der Nähe der Brücke Kalk zuzusetzen, und zunächst neben dem Widerlager sogar eine Art Mörtel, der sehr viel Sand enthält, zu verwenden, der aber ebenso wie die Erde lagenweise aufgebracht und fest gestampft wird.

Endlich wirkt auf die massiven Brückencanäle noch der Frost sehr nachtheilig ein. Bei ihrer ganz freien Lage würde das darin enthaltene Wasser sich nicht nur mit einer Eisdecke überziehn, wie in den andern Canalstrecken, sondern aufserdem auch vollständig gefrieren, und dabei die Seitenmauern herausdrängen. Um dieses zu verhindern, pflegt man bei eintretendem Frost jeden Brückencanal zu leeren. Dieses ist insofern leicht, als gemeinhin dicht dahinter eine Schleuse liegt, und man die nächst oberhalb belegene Strecke durch Einsetzen von Dammbalken davon absperren kann. Dagegen leidet der Béton, wenn er nicht mehr vom Wasser bedeckt ist und vollständig austrocknet, besonders, wenn er dabei auch dem Frost ausgesetzt ist. Unter dem Union-Canal bei Edinburg richtete man deshalb eine Heizung ein, indem ein Luftcanal von dem einen Ufer zum andern hindurchgelegt wurde, der von der Feurung

auf der einen Seite zum gegenüberstehenden hohen Rauchfange führte. Man bemerkte indessen, dafs es selbst bei stärkerer Kälte der Feurung nicht bedurfte, indem schon ohne solche die wärmere Luft aus dem für die Feurung bestimmten Souterrain fortwährend die Röhre durchstrich und das Gefrieren des Wassers verhinderte. Im nördlichen Deutschland dürfte man ein so günstiges Resultat nicht erwarten.

Es mag noch des Falles erwähnt werden, dafs eine in gewöhnlicher Weise ausgeführte Canalstrecke ohne lange Störung des Betriebes später in einen Brückencanal verwandelt werden soll. Dieses geschah bei dem Kennet-Avon-Canal, unter dem neben der Ueberbrückung desselben über den Avon, ohnfern Bristol, die Bradford-Bathampton-Bahn durchgeführt werden sollte. Die Niveaudifferenz zwischen den Eisenbahnschienen und der Sohle des Canals betrug nur 21 Fufs. Man ging mit möglichst engen Stollen von beiden Seiten gegen den Canal und beabsichtigte, zunächst die Widerlager des Gewölbes in Béton bis zum gewachsenen Boden auszuführen, alsdann aber die Bogen darüber zu spannen. Nur während Letzteres unmittelbar unter der Sohle des Canals geschah, sollte derselbe trocken gelegt werden.

Man hatte sich indessen in der Untersuchung des Bodens sehr getäuscht. Der blaue Thon lag viel tiefer, und die Erde darüber war nicht fester Thon, wie man erwartet hatte, sondern die zum Theil aus Steinen und Gerölle bestehende Aufschüttung, welche das Canalbette trug. Der starke Wasserzudrang schon in einigem Abstande vom Canal gab Veranlassung, statt eines Bogens, zwei auszuführen, oder jedes Geleise in einen besondern Tunnel zu legen, wodurch einige Fufs an Höhe erspart wurden. Doch auch dieses genügte nicht. Der Canal wurde trocken gelegt, etwas vertieft und erweitert und in seiner Sohle, wie auf die Dossirungen 5 Zoll starke Hölzer neben einander gelegt, darüber Faschinen gepackt und 2 Fufs hoch fetter Thon aufgebracht und angestampft.

Sobald indessen die Schiffahrt wieder eröffnet wurde, genügte auch dieses nicht. Man versuchte daher noch zu beiden Seiten der Canalsohle dicht schliefsende Balkenreihen einzurammen, bis zu welchen die Ueberwölbung ausgeführt werden sollte, bevor man den Canal trocken legte. Bevor man indessen die Wände erreicht hatte, brach das Wasser vollständig durch, und nunmehr blieb nur

übrig, die Canalstrecke auf längere Zeit trocken zu legen und während dessen die Bogen der Brücke zu spannen und zu überdecken.

Holz-Constructionen sind bei Brückencanälen, namentlich in früherer Zeit, vielfach angewendet. Sie sind freilich sehr vergänglich und erfordern mehr Reparaturen, als der Massivbau, aber es ist nicht zu verkennen, dafs sie vor dem letztern den wesentlichen Vorzug einer gröfsern Wasserdichtigkeit haben, und dieselbe, wenn sich irgendwo ein Leck zeigen sollte, leicht wieder hergestellt werden kann, vorausgesetzt, dafs die Rinne, die den Canal bildet, überall leicht zugänglich ist. Grosse Seeschiffe, die 15 bis 20 Fufs, auch wohl noch tiefer eintauchen, werden so sicher gedichtet, dafs nur unbedeutende Wassermassen unter dem starken Druck eindringen. Es ist daher leicht, unter Anwendung derselben Mittel einen Brückencanal zu dichten, der nur wenige Fufs hoch mit Wasser angefüllt wird. Die hölzerne Rinne besitzt aber immer eine gewisse Biegsamkeit, und kann daher, selbst wenn die Joche oder Pfeiler etwas nachgeben sollten, ihre Wasserdichtigkeit behalten, oder wenn diese beeinträchtigt wird, so ist sie leicht wieder herzustellen. Schwieriger ist es allerdings, einen gehörig dichten Anschlufs des Holzes an die beiderseitigen Erdschüttungen zu bilden, aber wenn dieses auch nicht vollständig gelingt, so pflegt dieser Wasserverlust doch nicht gröfser zu sein, als bei massiven Brückencanälen.

Der Canal von Givors ist nach der Mittheilung von Schulz*) über eine hölzerne Brücke geführt, die sieben Oeffnungen von 10 Fufs Weite hat. Sie ruht auf gewöhnlichen Pfahljochen, an deren Enden verstrebte Wände aufgestellt sind, welche die beiderseitigen Leinpfade tragen, während Balken dicht schliefsend und mit halben Spundungen versehn die Sohle und Seitenwände bilden. Die Fugen sind wie bei Schiffen gedichtet, und der Sicherheit wegen noch mit Bohlen übernagelt.

In America sind hölzerne Brückencanäle vielfach angewendet worden, und zum Theil mit sehr weiten Spannungen. Ein eigenthümlicher Vorschlag für einen solchen verdient zunächst Erwähnung, wenn es gleich zweifelhaft ist, ob derselbe irgendwo zur

*) Versuch einiger Beiträge zur hydraulischen Architectur. Seite 83.

Ausführung gekommen ist*). Der Ingénieur für den Rideau-Canal in Canada, M'Taggart, beabsichtigte nämlich, um der Erbauung von Pfeilern oder hölzernen Jochen überhoben zu sein, in einem mit starken Bäumen bewachsenen Thale, welches überschritten werden sollte, diese Bäume nicht zu fällen und sie alsdann einzurammen oder als Jochwände zu verzimmern, sondern sie so zu benutzen, wie sie von Natur standen. Er wollte sie also in der passenden Höhe abschneiden, Holme darauf legen, und hierüber die Balken strecken, welche die Sohle des Canals bilden sollten.

Einer der bedeutendsten Brückencanäle wurde 1829 über den Alleghany-Fluſs bei Pittsburg im Pennsylvania-Canal erbaut. Er war 1060 Fuſs lang und hatte sieben Oeffnungen von 145 Fuſs lichter Weite. Die Canalrinne war oben 16, unten 15 Fuſs breit, und 5 Fuſs hoch. Es wurde darin ein Wasserstand von 4 Fuſs 3 Zoll gehalten. Auf jeder Seite befand sich ein Leinpfad für Pferde von nahe 4 Fuſs Breite, der jedoch von dem Canal jedesmal durch ein niedriges Sprengewerk getrennt war, worüber die Leine glitt, und welches zugleich die Brustlehne bildete. Vier Sprengewerke überspannten jede Oeffnung, und jedes derselben bestand aus einer verstrebten Wand, an welche sich zu beiden Seiten hölzerne Bogen, aus je drei Rippen bestehend, anschlossen. Die äuſsern beiden Sprengewerke setzten sich bis zu gröſsrer Höhe fort und trugen Querbalken, worauf eine leichte Verdachung ruhte. Die Rinne, welche den eigentlichen Canal bildete, bestand nur aus Halbhölzern, die stumpf an einander gelegt, und in den Fugen wie ein Schiff durch eingetriebenes Werg und darüber gegoſsnem Pech gedichtet waren**).

Dieser Bau ist indessen gegenwärtig nicht mehr vorhanden. Im September 1844 wurde er abgetragen und im Mai des folgenden Jahres gingen die Schiffe bereits über den neuen Brückencanal, der als Hänge-Brücke von Drahtseilen getragen wird. Es ist dieses das erste Beispiel, daſs ein gröſsrer Canal an Ketten oder

*) *Sketch of the Civil Engineering of North-America by D. Stevenson.* pag. 194.

**) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1842. pag. 361.

Drähte gehängt worden. Navier schlug freilich schon 1823*) eine solche Anwendung des Systems der Hängebrücken vor, man hatte indessen wahrscheinlich mit Rücksicht auf die Schwankungen hiervon nicht Gebrauch machen mögen, und augenscheinlich würde die Wasserdichtigkeit der Rinne in hohem Grade gefährdet werden, wenn der Canal etwa durch Stürme in Bewegung gesetzt werden sollte. Ein solcher Canal ist indessen in andrer Beziehung vor Einbiegungen oder Schwankungen in vertikaler Richtung mehr gesichert, als jede andre Brücke, weil er immer gleichmäfsig belastet bleibt. Selbst wenn das schwerste Schiff hinüberfährt, so vergröfsert dieses weder die Belastung im Allgemeinen, noch auch an derjenigen Stelle, wo es sich gerade befindet, denn das verdrängte Wasser wiegt eben so viel, wie das Schiff, welches seine Stelle einnimmt. Die Belastung bleibt also nicht nur constant, sondern auch gleichmäfsig über die ganze Länge vertheilt. Pferde und einzelne Menschen, welche auf den Leinpfaden gehn, können aber bei dem sehr grofsen Gewicht des Wassers keine merklichen Erschütterungen veranlassen.

Der neue Brükencanal bei Pittsburg hat ein hölzernes Bette, das oben 16½, unten 14 Fufs weit und 8 Fufs hoch ist. Es besteht sowohl im Boden, als in den beiden Seitenwänden aus zwei Lagen Bohlen von 2½ Zoll Stärke. Die Bohlen in beiden Lagen sind aber in diagonaler Richtung aufgebracht und kreuzen sich unter rechten Winkeln. Sie bilden daher sowohl in horizontaler, als in vertikaler Richtung eine Art von Gitterwänden, welche dem ganzen Bau eine grofse Steifigkeit geben, und selbst bei heftigen Stürmen ein Schwanken ganz verhindern sollen. In Abständen von 4 zu 4 Fufs ruht die hölzerne Rinne auf je zwei neben einander liegenden Querbalken, die zwischen sich die beiderseitigen Rüstungen für die Leinpfade tragen. Die Leinpfade sind 7 Fufs breit, und schliefsen sich an die Seitenwände des Canals an. Der Wasserstand darin mifst 4 Fufs.

Die ganze Länge des Aquaducts ist 1106 Fufs. Die Pfeiler, welche theils unmittelbar den Canal, theils auch die Pyramiden tragen, auf welchen das Drahtseil aufliegt, sind von Mitte zu Mitte

*) *Rapport et mémoire sur les ponts suspendus.* Paris 1823. pag. 202.

155 Fufs von einander entfernt. Zwei Drahtseile unterstützen die frei liegenden Theile des Canals, indem von denselben Hängeeisen bis zu den Satteln herabreichen, auf welchen die oben erwähnten doppelten Balken liegen. Jedes Seil reicht von der Pyramide eines Stirnpfeilers bis zu der auf dem andern Stirnpfeiler gegenüber stehenden Pyramide. Es ist 1140 Fufs lang, 7 Zoll stark und besteht aus 1900 einzelnen Drähten von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser*).

Endlich sind auch die Brückencanäle zuweilen in Gufseisen ausgeführt. Namentlich ist dieses in England geschehn.

Telford baute den Ellesmere-Canal, und führte denselben über den Chirk-Flufs. Dabei beabsichtigte er in üblicher Weise den Canal auf massive Bogen zu legen. Dieses ist auch geschehn, aber dennoch wurde schon in diesem Fall das Gufseisen zur Darstellung der Sohle benutzt. Das gewöhnliche Verfahren, das Mauerwerk mit einem Puddle-Bette zu überdecken, stellte nach vielfachen Erfahrungen keine genügende Wasserdichtigkeit dar, oder wenn diese anfangs auch wirklich erreicht war, so verschwand sie bald, und namentlich bei starkem Frost. Telford erwähnt, dafs auch an den von Brindley ausgeführten Canälen manche bedeutende Beschädigungen in dieser Beziehung vorkommen, und manche Gewölbe eingestürzt sind. Er hielt es daher für nothwendig, den Canal mit einer Sohle zu versehn, die nicht nur beim Frost nicht litt, wenn das Wasser abgelassen war, sondern welche auch die beiderseitigen Brustmauern oder die Leinpfade fest verankerte. Hierzu schienen gufseiserne Platten am geeignetesten. Der Brücken-Canal ist im Ganzen 689 Fufs lang, und liegt 68 Fufs über dem gewöhnlichen Wasserspiegel des Chirk. Er hat 10 Oeffnungen von 39 Fufs Spannung, und die Mittelpfeiler sind 13 Fufs stark. Die Pfeiler wurden im obern Theil hohl aufgeführt, so dafs 4 senkrechte Oeffnungen sich in jedem bildeten. Die beiden äufsern wurden mit starken Steinplatten überdeckt, indem die massiven Leinfade darauf ruhn. Die beiden mittlern blieben dagegen offen. Die mittlere Scheidewand diente nur zur Unterstützung der Sohlplatten. In gleicher Weise wurden auch auf die massiven Bogen fünf getrennte Mauern gestellt. Die gufseisernen Sohlplatten, 11 Fufs lang, 4 Fufs 1 Zoll breit und 1 Zoll stark, überspannen

*) *The Civil Engineer and Architect's Journal.* 1846. pag. 47.

die ganze Sohle, und greifen noch 6 Zoll tief in jede Brustmauer ein, woselbst sie durch starke Bolzen mit festen Quadersteinen verbunden sind. Die Stöfse der Platten, sämmtlich nach der Quere des Canals gerichtet, werden durch umgebogene Ränder gebildet, die zusammengeschroben sind. Telford theilt nicht mit, ob Eisenkitt oder eine andre Zwischenlage, vielleicht Leder oder Bleistreifen, zur Dichtung der Fugen benutzt worden. Das Canalbette ist unten 10 Fufs, im Wasserspiegel 11 Fufs breit und 5 Fufs tief. Die Brüstungsmauern, auf den äufsern Seiten lothrecht aufgeführt, haben in der Krone die Breite von 5 Fufs 4 Zoll, und dienen zugleich als Leinpfade. Auswärts sind sie mit eisernen Geländern eingefafst. Dieser Brückencanal wurde 1796 erbaut.

Ohngefähr in derselben Zeit baute Telford den Birmingham-Liverpool-Verbindungs-Canal, der bei Nantwich über die Strafse von London nach Chester geführt werden mufste. Hier wurde zum ersten Mal das ganze Canalbette aus Gufseisen gebildet, und auf sechs gufseiserne Bogen gestellt. Die Spannung betrug 30 Fufs, und der Canal erhielt die Breite von 20 Fufs, wovon jedoch nur der mittlere Theil zum Durchgang der Schiffe diente, indem auf jeder Seite ein 4 Fufs breiter Leinpfad darüber trat, der auf eisernen Säulen ruhte. Hierdurch wurde der Vortheil erreicht, dafs das Wasser leicht an den Schiffen vorbeifliefsen konnte.

Im Anfang dieses Jahrhunderts wurde der Ellesmere-Canal weiter ausgedehnt, und sollte über den Dee-Flufs geführt werden. Das Thal des letztern lag über 100 Fufs unter dem Canal, und man dachte zunächst daran, den Canal in mehreren Schleusen auf der einen Seite herab, und auf der andern wieder heraufzuführen, weil man eine Ueberbrückung in der Höhe von 123 Fufs über dem Flufs für zu gewagt hielt. Man mufste indessen hiervon abstehn, weil es an dem nöthigen Speisewasser fehlte, um die Schleusen auf der andern Seite des Thals zu füllen. Nachdem bereits der gufseiserne Brückencanal bei Nantwich ausgefürt war, entschlofs sich Telford, eine ähnliche Construction auch hier anzuwenden, wodurch der ganze Bau sehr erleichtert, und dadurch manche Besorgnifs in Bezug auf seine Stabilität beseitigt wurde.

Dieser Brückencanal, eines der kühnsten und dabei gelungensten Bauwerke, ist unter dem Namen der Cysylte-Brücke bekannt. Das eine Ufer des Dee fällt ziemlich steil ab, während das andre

sich sanft senkt. Um den Bau nicht zu lang werden zu lassen, führte Telford auf dem letztern Ufer eine 1450 Fuſs lange Schüttung aus, auf welcher der Canal zwischen Erddämmen so weit fortgeführt wurde, bis das Thal sich 73 Fuſs darunter gesenkt hatte. An diesem Punkt beginnt der eigentliche Brückencanal, der noch 976 Fuſs lang ist. Er hat neunzehn Oeffnungen, die oben 45 Fuſs weit sind. Drei derselben treffen in das Flussbette. Die Pfeiler sind in der Höhe des mittlern Wasserspiegels, also 124 Fuſs unter dem Canal, 20 Fuſs lang (in der Richtung des Flusses) und 12 Fuſs breit, oben dagegen 13 Fuſs lang und 7½ Fuſs breit. Sie sind auf festem Sandstein gegründet und 70 Fuſs hoch massiv ausgeführt. Ihr oberer Theil ist hohl, indem nur eine 2 Fuſs starke Mauer aus Werksteinen sie umgiebt, und eine Mittelmauer in der Richtung des Canals hindurchgeführt ist. Dieses geschah theils in der Absicht, den Schwerpunkt zu senken, und dadurch die Stabilität dieser überaus schlanken Pfeiler zu vergröſsern, theils auch in der Ueberzeugung, daſs groſse Mauermassen nie mit der gehörigen Sorgfalt ausgeführt werden, und daher auch weniger sicher verbunden sind, als schwächere Mauern (§. 4). Die Pfeiler wurden ziemlich gleichmäſsig erbaut, und blieben stets durch leichte Laufbrücken mit einander verbunden, auf welchen das Material beigeschafft wurde, indem man vermeiden wollte, dasselbe zuerst bis zum Thal herabzulassen, und es alsdann wieder aufzuwinden.

Die Pfeiler erheben sich, wie Fig. 379 auf Taf. LV zeigt, bis zur Canalsohle, und unter derselben sind jedesmal vier gufseiserne Bogen gespannt. Die Anordnung dieser Bogen stimmt mit derjenigen überein, die man bei gufseisernen Bogenbrücken zu wählen pflegte. Jeder einzelne Bogen besteht aus drei Theilen, und wo dieselben zusammenstoſsen, berühren sie sich nicht unmittelbar, sondern sind durch gufseiserne Stoſsplatten von einander getrennt, welche die vier Bogen unter sich verbinden und ihren gegenseitigen Abstand sichern. Aehnliche Platten, nämlich die Widerlagsplatten, verbinden die Enden der Bogen mit den Pfeilern. Horizontale Diagonal-Stangen, zwischen je zwei Bogen geschraubt, verhindern aber das Verschieben nach der Seite. Endlich wäre noch in Betreff dieser Bogen zu erwähnen, daſs die beiden äufsern jedesmal von innen mit Eisenblech verkleidet sind.

Auf den vier Bogenrippen ruht das gufseiserne Canalbette.

Dasselbe ist im Lichten 11 Fuſs 4 Zoll weit, und 5 Fuſs 2 Zoll hoch, während der Wasserstand darin 4 Fuſs 6 Zoll miſst. Es besteht sowohl in der Sohle, als in den Wänden aus guſseisernen Platten. Die Bodenplatten überspannen die Bogenrippen und ragen über dieselben noch 9 Zoll vor. Ihre Breite beträgt 5 Fuſs. Sie sind mittelst vorstehender Ränder auf der obern Seite zusammengeschroben. Ihre äuſsern Ränder, die noch durch Verstärkungsrippen unterstützt sind, dienen zur Befestigung der Seitenplatten. Letztere, nach Art eines scheidrechten Bogens zusammengesetzt, haben wieder, sowohl unten, wie an beiden Seiten vorstehende Ränder, mittelst deren sie mit den Sohlplatten, und unter sich durch Schraubenbolzen verbunden sind. Die lothrecht oder schräge herabreichenden Ränder dienen aber zugleich, wie Fig. 379*b* zeigt, als Streben gegen den Seitendruck des Wassers.

In beiden Figuren sieht man die im Canal aufgestellten und unter sich verstrebten leichten Holzwände, welche den 4 Fuſs 6 Zoll breiten Leinpfad an der einen Seite tragen. Derselbe ist mit Bohlen überdeckt, die auf der Canalseite durch eine hölzerne Saumschwelle, und auf der äuſsern Seite durch ein hohes Eckeisen gehalten werden. An letzteres ist das leichte Geländer befestigt, während eine dünne Thon- und Kiesschüttung die Bohlen überdeckt und als Chaussirung des Leinpfades dient.

Dieser Bau wurde 1805 eröffnet, er hat sich seitdem vortrefflich gehalten und Dupin sowohl, als Minard, welche ihn genau untersuchten, rühmen seine Wasserdichtigkeit. Namentlich sagt Minard, er habe bei aufmerksamer Betrachtung der Bogen über dem rechten Ufer des Dee nur bemerken können, daſs etwa alle 5 Minuten ein Tropfen herabfiel. Im Jahr 1841 sah ich denselben Brückencanal in sehr gutem Zustande und auf meine Anfrage wurde mir von dem Aufseher gesagt, er wisse nicht, daſs je eine namhafte Reparatur dabei vorgenommen sei.

Schlieſslich mag noch der in neurer Zeit erbaute Brückencanal über den Calder bei Stanley in England erwähnt werden, der in sofern wichtig ist, als selbst kleinere Seeschiffe bis 6¾ Fuſs Tiefgang, darüber gehn.

Da man schon eine sehr enge Stelle zur Ueberbrückung gewählt hatte, so durfte der Fluſs nicht weiter eingeschränkt werden, und ohne Mittelpfeiler muſste man eine Oeffnung von 150½ Fuſs

Weite überspannen. Zwei Bogen aus durchbrochenen gufseisernen Platten zusammengesetzt, tragen den Canal, der auf ihren Anfängen ruht, während er im gröfsten Theil seiner Länge an dieselben angehängt ist. Der Canal, gleichfalls aus Gufsplatten zusammengesetzt, ist 23½ Fufs breit und nahe 9 Fufs hoch. Auf jeder Seite befindet sich ein Leinpfad von 3½ Fufs Breite*).

Auffallend ist es, dafs man, soviel bekannt, noch nie Brückencanäle aus gewalztem Eisen ausgeführt hat, welches man doch in neuerer Zeit im Schiffbau allgemein verwendet, selbst wenn der Wasserdruck 20 Fufs und mehr beträgt.

*) Förster's allgemeine Bauzeitung 1858, Seite 232.

Vierzehnter Abschnitt.

Eindeichungen.

§. 91.

Anordnung der Deiche.

Die Eindeichungen niedriger Stromthäler stehn in naher Beziehung zu den Entwässerungen sumpfiger Gegenden, wovon schon im vierten Abschnitt des ersten Theils dieses Werkes die Rede war. Eben so wie man jene vor fremdem Wasser schützt, so verhindern auch die zur Seite der Ströme erbauten Erddämme, die man Deiche nennt, das Eindringen des Hochwassers in die dahinter belegenen Niederungen. Letztere werden dadurch vor den Beschädigungen gesichert, welche sowohl die Ueberfluthung, als auch die heftige Ueberströmung an den Saaten und sonstigen Culturen, wie auch an Gebäuden und am Boden selbst veranlassen könnte. Die eingedeichten Ländereien werden zum Getreidebau nutzbar gemacht, und ihre Entwässerung läfst sich vollständiger, als früher ausführen. In solchen Stromtheilen, die dem Wechsel der Fluth und Ebbe des Meers noch nicht ausgesetzt sind, treten die Anschwellungen nur in längern Zwischenzeiten und grofsentheils in bestimmten Jahreszeiten ein, während an den Küsten des Weltmeers und der damit unmittelbar verbundenen Meerbusen, so wie auch in den Mündungen der Ströme, die sich in diese ergiefsen, der Wechsel von Hoch- und Niedrig-Wasser in wenig Stunden sich wiederholt. Bei letztern haben die Deiche in mehrfacher Beziehung eine andre Bedeutung, und die Bedingungen ihrer Anordnung, so wie auch der zugehörigen Anlagen sind wesentlich verschieden von denen der Flufsdeiche. Auf die Seedeiche wird daher im dritten Theil dieses Werkes zurückgekommen werden, und es erscheint am passendsten, alsdann alle Anlagen zu behandeln, welche sich auf den Wechsel der Fluth und Ebbe beziehn. Hier sollen nur die

eigentlichen Stromdeiche behandelt werden, welche solchem Wechsel nicht ausgesetzt sind.

Es mufs zunächst auf einige Verschiedenheiten in dem Zweck und in der Anordnung der Stromdeiche aufmerksam gemacht werden. Dieselben sollen zuweilen nur den Verheerungen der Ueberströmung vorbeugen. Namentlich geschieht dieses, wenn der Strom zwischen niedrigen Ufern eine starke Serpentine bildet. Das kleine Wasser folgt alsdann dem gekrümmten Bette, sobald aber die Ufer hoch überfluthet werden, so verläfst der Strom seinen frühern Lauf, und schneidet die Krümmung ab. Indem er aber auf dem geraderen Wege ein stärkeres relatives Gefälle findet, so ergiefst er sich mit grofser Heftigkeit über das Terrain und bedeckt dasselbe theils mit Sand und Kies, theils greift er es aber auch an, indem er einzelne Löcher und selbst zusammenhängende Rinnen darin ausspült, wenn aber der Boden als Ackerland benutzt wird, so reifst er die fruchtbare Erddecke fort. Um dieses zu verhindern, durchschneidet man den Zug des Hochwassers auf dem Terrain, welches man schützen will, mit einem Deich. Derselbe entzieht keinen Theil des Ufers der Ueberfluthung oder der Inundation, weil das Hochwasser unterhalb des Deichs frei eintreten kann. Eine solche Anlage nennt man eine offne Eindeichung. Bis wie weit man den Deich dem Scheitel der Serpentine nähern darf, soll später untersucht werden, da die betreffenden Bedingungen allen Stromdeichen gemein sind. Hier mag aber schon darauf aufmerksam gemacht werden, dafs, wo man den Endpunkt eines offenen Deichs auch hinlegen mag, dicht unterhalb desselben das Hochwasser mit grofser Heftigkeit einströmt, und sonach hier dieselben Erscheinungen sich wiederholen, welche man durch die Anlage beseitigen wollte. Man begegnet denselben zum Theil dadurch, dafs man den Deich sehr flach bis zur Höhe des natürlichen Terrains abfallen und in dasselbe auslaufen läfst. Dadurch wird aber mehr der Deich selbst, als das Terrain gegen Beschädigungen geschützt. Gewöhnlich fordert der Besitzer der Feldmark, die dicht unterhalb des Deichs liegt, die Verlängerung desselben, indem er von der Anlage nur Schaden, aber keinen Nutzen hat. Sobald indessen sein Wunsch oder seine billige Forderung Berücksichtigung gefunden hat, so kommt wieder der nächste Nachbar in dieselbe Verlegenheit, und in dieser Weise pflegt eine

offne Eindeichung sich nach und nach immer weiter fortzusetzen, bis sie sich zuletzt auch mit ihrem untern Ende an ein wasserfreies Terrain, oder an einen andern Deich anschliefst, und sonach ein geschlossener Deich entsteht.

Diejenigen Deiche, welche die höchsten Winter- und Frühjahrsfluthen abhalten oder kehren (dieser Ausdruck, im Holländischen üblich, ist auch an manchen Strömen in Deutschland angenommen), nennt man Winterdeiche, auch Banndeiche oder Hauptdeiche. Den Gegensatz bilden die Sommerdeiche, welche von dem Hochwasser beim Abgange des Eises überströmt werden, und die dahinter liegenden Niederungen nur gegen das Hochwasser schützen, das in der Mitte des Sommers ziemlich allgemein einzutreten pflegt. Ihr Zweck ist nur, das Sommergetreide oder die Heuernte zu sichern. Ihre Unterhaltung ist aber, wenn sie auch nur eine mäfsige Höhe haben, oft schwierig, und man giebt ihnen allgemein eine recht flache Dossirung auf der innern Seite, um die Gewalt des überströmenden Wassers zu mäfsigen.

Im Folgenden wird vorzugsweise von den geschlossenen Deichen, und zwar von Winterdeichen die Rede sein. Die durch einen solchen Deich geschützte Fläche, die gewöhnlich nicht nur verschiedenen Grundbesitzern, sondern meist zu verschiedenen Ortschaften gehört, nennt man einen Polder. Die Genossenschaft aber, welche für die gehörige Unterhaltung dieses Deiches, so wie der damit in Beziehung stehenden sonstigen Anlagen zu sorgen hat, heifst der Deichverband, auch wohl die Deichschau. Die letzte Benennung bezeichnet aber eigentlich nur die gemeinschaftlich vorzunehmende Besichtigung des Deiches. In den Niederlanden, wo das Deichwesen besonders ausgebildet ist, heifst die durch einen gemeinschaftlichen Deich geschützte Fläche eine Waterschap. Unter Polder versteht man daselbst aber eine niedrigere Fläche, die künstlich, also durch Schöpfmaschinen entwässert werden mufs. Häufig liegt in einer Waterschap ein Polder, der also durch den äufsern Deich geschützt wird, aufserdem aber noch mit einem besondern niedrigen Deich umgeben ist. Liegt der Polder aber sehr tief unter dem umgebenden eingedeichten Lande, was namentlich der Fall ist, wenn er durch Ausheben des Torfes entstanden, und alsdann trocken gelegt ist, so nennt man ihn dort ein Meer.

Die ganze unter dem Spiegel des Hochwassers belegene Niederung heifst die Marsch, der Gegensatz derselben, oder das höhere wasserfreie Land die Geest. Diese Ausdrücke kommen indessen weniger bei Flüssen, als am Meere vor. Schlafdeich oder Rückdeich nennt man einen in der eingedeichten Fläche liegenden Hauptdeich. Ein solcher war gemeinhin in früherer Zeit der eigentliche Deich, er wurde aber nutzlos, indem man bei Ausdehnung der Eindeichung einen andern davor ausführte.

In Gegenden, die schon lange cultivirt sind, kommen neue, ausgedehnte Deichanlagen an Strömen nur selten vor, weil solche aus früherer Zeit schon vorhanden sind, und gemeinhin so weit gegen das Strombette vortreten, dafs die Aufgabe des Baumeisters grofsentheils nur darin besteht, die älteren Deiche zu reguliren und stellenweise zurückzulegen. Nicht leicht bietet sich ihm die Gelegenheit, eine neue gröfsere Eindeichung zu entwerfen und auszuführen, und selbst wenn solche vorkommt, sind gewöhnlich schon vorher einzelne Strecken, wenigstens als Sommerdeiche geschüttet, und indem die dadurch herbeigeführten Culturverhältnisse beachtet werden müssen, so sind in Betreff der ganzen Anlage Bedingungen gestellt, welche diejenige Anordnung verbieten, die als die zweckmäfsigste angesehn werden müfste, wenn man noch freie Hand hätte. Die Rücksichten, welche man bei Regulirung älterer Deiche zu nehmen hat, sind indessen nicht wesentlich von denen verschieden, die bei neuen Deichanlagen mafsgebend sind. Der Unterschied besteht nur darin, dafs man sie nicht vollständig zur Geltung bringen darf. Es erscheint daher angemessen, die Erfordernisse der Eindeichungen hier in der Weise zu untersuchen, als wenn es sich um neue Anlagen handelte.

Es wird demnach die passendste Wahl der Deichlinie, die dem Deiche zu gebende Höhe, sein Profil und die Art seiner Ausführung und Befestigung zu behandeln sein. Zu einer Eindeichung gehören aber auch die Anlagen, die zur Entwässerung des Binnenlandes dienen, also die nöthigen Gräben und die Bauwerke, welche dem Binnenwasser den Ausfluſs nach dem Strom gestatten, zugleich aber das Hochwasser vom Eintritt in das eingedeichte Land abhalten. Bei dieser Gelegenheit wird auch von der Entwässerung besonders tief gelegner Flächen die Rede sein müssen, die nur durch Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Endlich

ist noch die Unterhaltung der Deiche und namentlich ihre Sicherstellung zur Zeit der Gefahr zu behandeln, so wie auch diese Gefahren selbst beschrieben und die Maafsregeln bezeichnet werden müssen, die man ergreift, wenn der Bruch des Deiches bereits erfolgt ist. Es erscheint nothwendig, aufser diesen Gegenständen, die unbedingt zum Gebiet der Wasserbaukunst gehören, auch einige Mittheilungen über die verschiedenartige Organisation der Deichverwaltungen zu machen. Einige allgemeine Bemerkungen über Eindeichungen der Flufsthäler müssen indessen vorangeschickt werden.

Schon bei Betrachtung der Veränderungen, welche in dem Thal eines sich selbst überlassenen Flusses vorgehn (§. 7 und 21), wurde darauf aufmerksam gemacht, dafs fortwährend grofse Massen Material aus den obern Gegenden gelöst und herabgetrieben werden. Diese Erscheinung stellt sich namentlich zur Zeit der Anschwellungen so augenscheinlich dar, dafs sie keinem Zweifel unterliegt. Das Wasser des Flusses ist alsdann von den thonigen Theilchen, die es enthält, dunkel gefärbt, und man sieht, nachdem der Flufs wieder in sein Bette zurückgetreten ist, den niedergeschlagenen Thon besonders auf höherem Grase liegen, und selbst Sand und Kies überdeckt stellenweise das Thal, wenn eine heftige Strömung darüber gegangen ist. Es ist auch nicht zu bezweifeln, dafs die Flufsthäler auf diese Art sich nach und nach bedeutend erhöht haben. Freilich werden durch Abbruch der niedrigen Ufer und durch Vertiefung des Bettes namhafte Massen Material gelöst und durch die Strömung aus einzelnen Strecken fortgeführt, doch sind diese, besonders wenn der Strom bereits regulirt ist, verschwindend klein gegen diejenigen, welche aus den oberen Gegenden und durch die Seitenzuflüsse hinzukommen. Ist der Strom regulirt, so hören die Uferabbrüche auf, auch die Vertiefung des Bettes erreicht bald ihre Grenze, während die Niederschläge des Sandes oder wenigstens der Thontheilchen auf der Fläche des Thals nach jedem Hochwasser zu bemerken sind, und sonach die Erhöhung des Bodens, wenn auch nur langsam, doch dauernd fortschreitet.

Wenn dagegen das Thal eingedeicht wird, so ist das Binnenland diesem Niederschlage entzogen, während die Uferstreifen aufserhalb der Deiche, oder die sogenannten Aufsendeiche denselben dauernd ausgesetzt bleiben. In der Cultur giebt sich diese Ver-

schiedenheit der Verhältnisse sehr deutlich zu erkennen, indem das eingedeichte Land seine frühere Fruchtbarkeit zum Theil verliert. Besonders auf Wiesen läfst der Landmann gern das trübe Wasser treten, weil der Niederschlag wie eine Düngung wirkt. Ein andrer Unterschied zwischen dem Binnenland und dem Aufsendeich giebt sich indessen erst im Lauf der Zeit zu erkennen, und ist viel bedenklicher. Das Binnenland behält nämlich seine urprüngliche Höhe, senkt sich vielleicht sogar bei weichem Untergrund noch etwas, weil es nach der Umdeichung nicht mehr so feucht bleibt, als es früher war. Der Aufsendeich dagegen gewinnt in Folge der Niederschläge nach und nach an Höhe. Das Fluthprofil wird also mit der Zeit kleiner, als es früher war, oder das Hochwasser mufs sich höher erheben, um die frühere Grösse der Profilfläche wieder herzustellen. So geschieht es, dafs die eingedeichten Ländereien nach und nach ihre natürliche Entwässerung verlieren, und diese selbst bei kleinem Sommerwasserstande endlich nicht mehr von selbst erfolgt.

Diese Erscheinungen sind mehr oder weniger an allen Deichen bemerkbar, die schon seit Jahrhunderten bestehn, und treten neben den untern Stromtheilen, wo die Gefälle sehr schwach sind, am deutlichsten hervor. Der rechtseitige Nogatdeich vor dem Eller-Walde neben Elbing erhebt sich in seiner Krone bis zu den Forsten der dahinter stehenden Wohngebäude, während er gegen sein Vorland oder den Aufsendeich keine bedeutende Höhe hat. Die natürliche Entwässerung des Polders hat hier schon lange aufgehört. Noch übler sind die Verhältnisse in den Niederlanden. Blanken wies im Jahr 1818 nach*), dafs trotz der Erhöhungen und Verstärkungen der Deiche am Rhein und an der Waal, dennoch die Deichbrüche sich viel häufiger wiederholten, als in frühern Zeiten, und dafs die dadurch veranlafsten Inundationen immer verderblicher würden. Rechteren**) empfahl sogar die Deiche an den Hauptströmen in den Niederlanden abzutragen und sie in Sommerdeiche umzuwandeln. Ein solcher Vorschlag, der nicht nur alle Cultur-Verhältnisse verändert, sondern sogar die Bewohnbarkeit

*) *Beschouwing over de uitstrooming der Opper Rhijn, en Maas-Wateren etc.* Amsterdam 1819.

**) *Verhandelingen over den Staat van der Rijn, de Waal etc. Nijmegen.* 1830.

der Niederung in Frage stellt, ist unausführbar. Zunächst muſs man sich darauf beschränken, die vorhandenen Deiche möglichst zu sichern.

Bei Aufstellung des Entwurfs zu einer neuen Deichanlage verdienen die ökonomischen Rücksichten ohne Zweifel vorzugsweise Beachtung. Niemand wird zu einer Anlage sich entschlieſsen, deren Nutzen nicht die darauf verwendeteten Kosten übertrifft. Man wird daher unter Voraussetzung einer gewissen Linie die Kosten der Anlage und Unterhaltung des Deichs ermitteln, und hiermit die Zunahme des Ertrages der dahinter liegenden Flächen vergleichen. Es ist sonach der Ertrag zu untersuchen, den diese Flächen geben, wenn sie als Vorland benutzt werden, das den Ueberfluthungen und Ueberströmungen ausgesetzt ist, und demnächst der Ertrag, den sie versprechen, wenn im Schutz der Deiche eine andre Culturart eingeführt werden kann, oder diese, wenn sie schon früher bestand, nicht mehr den Beschädigungen und Verwüstungen beim Uebertritt des Hochwassers ausgesetzt ist. Sonstige Umstände, die hierbei in Betracht kommen, sind dabei gleichfalls in Anschlag zu bringen. Man kennt indessen die passendste Deichlinie noch nicht, vielmehr ist die Wahl derselben durch die eben angeführten Umstände bedingt. Wenn die Verhältnisse in der ganzen Ausdehnung der Fläche dieselben sind, so würde die vortheilhafteste Linie, diejenige sein, die vergleichungsweise zum Flächeninhalt des von ihr eingeschloſsenen Terrains ein Minimum ist. Diese Aufgabe läſst sich, nachdem man die nöthigen Abmessungen gemacht hat, nach bekannten Methoden lösen. Dasselbe ist auch der Fall, wenn andre Bedingungen erfüllt werden sollen, wenn also vielleicht gefordert wird, daſs das Verhältniſs des Deichs nicht zur ganzen eingedeichten Fläche, sondern nur zu einem Theil derselben ein Minimum, oder aber, wie auch häufig gefordert wird, der Ueberschuſs des Capitals, welches der Vergröſserung des jährlichen Ertrages entspricht, über das Capital der Anlage und Unterhaltungskosten des Deiches, ein Maximum wird.

Die auf solche Art gefundenen Resultate sind indessen in vielen Fällen unbrauchbar, indem andre Rücksichten überwiegen. Hierzu gehört vorzugsweise die nothwendige Beachtung der Vorfluths- und der sonstigen Stromverhältnisse. Die Regulirung eines Stroms beschränkt sich beinahe ausschlieſslich auf

das eigentliche Strombette, oder auf den Schlauch, in welchem das kleine und das Mittelwasser fliefst. Dieselben Regeln, die man hierbei befolgt, finden aber auch ihre Anwendung, wenn man das Hochwasser gefahrlos und so abführen will, dafs keine Zerstörungen an den Ufern desselben und keine starken Verflachungen in seinem Bette eintreten. Man hat freilich wohl noch nirgend die wasserfreien Ufer eines Stroms so geregelt, dafs sie wie die Ufer des Bettes eines regulirten Stroms überall sanft gekrümmte und parallele Linien bilden. Wenn es sich aber um einen neuen Deich handelt, der ein Ufer für das Hochwasser darstellen soll, so bietet sich die Gelegenheit, eine Regulirung dieser Art auszuführen, und eben dadurch sowohl den neuen Deich zu sichern, als für die unschädliche Abführung der Fluthen zu sorgen.

Um die Richtung der neuen Deichlinie zu finden, mufs man zunächst die gröfste Wassermenge kennen, welche der Strom zuweilen abführt. Die Höhe der Anschwellungen, so wie im Allgemeinen auch das alsdann statt findende Gefälle ist durch die Wasserstands-Beobachtungen gegeben. Letzteres stimmt ungefähr mit demjenigen bei kleinem Wasser überein, nur gleicht es sich mehr aus, indem die Abwechselungen zwischen starkem und schwachem Gefälle sich verringern, oder ganz verschwinden. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser ansteigt, verglichen mit der des Stromthales und des Flufsbettes, giebt die mittlere Tiefe. Es bleibt daher, indem man die Wassermenge, das Gefälle, und die mittlere Tiefe des neuen Profils kennt, nur noch die Breite des letztern zu finden, welche mit dem Abstande der beiderseitigen Deiche, oder mit dem Abstande eines Deichs vom gegenüberliegenden wasserfreien Ufer übereinstimmt. Aufserdem besteht offenbar noch eine innige Beziehung zwischen der Breite und der mittlern Tiefe. Die letzte ist von der ersten abhängig, man kann daher diese nicht als bekannt voraussetzen, während jene noch unbekannt ist. Sie läfst sich indessen leicht als Function von dieser ausdrücken, und man erhält alsdann nach der oben (§. 18) gegebenen Formel eine Gleichung, worin die Breite die einzige unbekannte Gröfse ist.

Man mufs indessen diese Untersuchung auch auf die Geschwindigkeit ausdehnen, und sich davon überzeugen, dafs diese nicht zu grofs wird. Einer Geschwindigkeit von etwa 10 Fufs widerstehn wohl einige Zeit hindurch die Deiche, wenn sie keine

ungünstige Lage haben, aber es erscheint kaum räthlich, jene noch gröfser werden zu lassen. Aufserdem ist darauf Rücksicht zu nehmen, dafs in Krümmungen die stärkste Strömung sich vor dem concaven Ufer zu bilden pflegt, woher die mittlere Geschwindigkeit hier geringer sein, oder das Profil erweitert werden mufs.

Wenn auf diese Weise die Weite des Fluthprofils gefunden ist, so ergiebt sich daraus schon die zu wählende Deichlinie, sobald andre Deiche oder wasserfreie Ufer gegenüber liegen, wenigstens ersieht man, wo die äufserste Grenze hinfällt, über welche hinaus die Deiche nicht gelegt werden dürfen. Falls dagegen beide Ufer in grofser Breite der Inundation ausgesetzt sind, so wird es am angemessensten sein, in geraden Stromstrecken die beiderseitigen Deiche in gleichen Abstand von dem Bette zu legen, in Krümmungen aber den Deich am convexen Ufer zurückzuziehn, und den am concaven Ufer befindlichen etwas weiter vortreten zu lassen, damit das Hochwasser möglichst in gerader Richtung abfliefsen kann. In scharfen Krümmungen mufs indessen, wie bereits erwähnt, der Abstand zwischen den Deichen vergröfsert werden, und namentlich ist dahin zu sehn, dafs die Deiche nicht zu weit in die Halbinseln hineintreten, um welche das Strombette sich in scharfer Serpentine herumzieht. Dergleichen Halbinseln mit den Deichen gar nicht zu berühren, und den Strom des Hochwassers ganz frei darüber sich ergiefsen zu lassen, ist dagegen nicht räthlich, denn wenn man von den bereits erwähnten Verwüstungen, die dabei eintreten, auch absehn wollte, so würde doch der Uebelstand herbeigeführt, dafs das Hochwasser die Richtung des Strombettes ganz verläfst, und letzteres dadurch starken Versandungen ausgesetzt wird.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs die Aufsendeiche, wenn sie nicht überflüssige Breite haben, mit keinen Anlagen versehn werden dürfen, welche mittelbar oder unmittelbar das Fluthprofil beschränken. Diese Regel verbietet auch Anpflanzungen von Bäumen und Sträuchern. Gebüsche oder niedrige Sträucher bewirken eine Verzögerung des hindurchströmenden Wassers, und veranlassen dadurch das feinere und gröbere Material zu Boden zu sinken, wodurch ein starkes Aufwachsen des Grundes und sonach eine Verkleinerung des Profils erfolgt. Bei hochstämmigen Bäumen, die unten keine Zweige haben, findet dieses nicht statt, dagegen

geben sie, besonders wenn sie gruppenweise stehn, Veranlassung, dafs das Eis sich davor setzt und auf einander schiebt, also gleichfalls eine theilweise Sperrung des Profils eintritt. Nicht selten pflegen die Grundbesitzer, besonders vor den convexen Deichen, also auf Landzungen, um welche Serpentinen sich gebildet haben, Bäume anzupflanzen. Dieselben gedeihen hier auch insofern, als sie weniger vom Strom getroffen werden, sie sind aber ganz besonders schädlich, und den gegenüberliegenden Deichen vorzugsweise nachtheilig, weil das Eis sich leicht dagegen stellt, und alsdann der Strom um so heftiger nach der andern Seite gedrängt wird. Im Allgemeinen gewähren Strauch- und Baumpflanzungen vor dem Fufs eines Deichs demselben einen kräftigen Schutz, will man diesen aber eintreten lassen, so ist es nothwendig, den Deich schon so weit zurückzulegen, dafs die Pflanzungen aufserhalb der erforderlichen Profilweite bleiben.

Bei ältern Deichen wiederholt es sich häufig, dafs dieselben nicht im Zusammenhang stehn, vielmehr einzelne Gemeinden ihre Ländereien mit Deichen rings umschlossen haben. Diese Polder sind alsdann von einander getrennt durch schmalere oder breitere Flächen uneingedeichten Landes, welche zur Zeit des Hochwassers nicht nur inundirt werden, sondern worin sich sogar starke Strömungen bilden. Bei Regulirung der Deichverhältnisse pflegen sehr verschiedene Ansichten über die Nothwendigkeit solcher Fluthrinnen ausgesprochen zu werden. Es ist ohne Zweifel immer vortheilhafter, wenn man sie entbehren kann, denn dieselben Nachtheile, welche Spaltungen im eigentlichen Strombette haben, treten auch ein, sobald das Hochwasser in zwei oder mehrere Arme sich zerlegt. Die Eigenthümer solcher Fluthrinnen sind auch jederzeit sehr geneigt, dieselben zu schliefsen, dagegen besorgen die Gemeinden, welche sich bereits eingedeicht haben, dafs der Wasserstand alsdann im eigentlichen Strom sich höher erheben, auch die Strömung sich verstärken möchte, und dadurch die bestehenden Deiche gefährdet werden könnten.

Man kann nicht in Abrede stellen, dafs durch die Schliefsung eines Nebenarms der Hauptarm verstärkt wird, dagegen gewinnt dieser häufig in hohem Grade an Regelmäfsigkeit, wenn die Seitenströmungen aufhören, und in vielen Fällen ist die Wirksamkeit der letztern so geringfügig, auch versetzen sie sich oft so schnell

mit Eis, dafs sie in Wirklichkeit wenig zur Entlastung des eigentlichen Stroms beitragen. Von gröfsrer Bedeutung sind sie dagegen, wenn sie Serpentinen abschneiden, indem der Strom des Hochwassers, der sich durch sie ergiefst, alsdann ein stärkeres relatives Gefälle hat, als der Hauptstrom. Dasselbe ist auch der Fall, wenn sie in andre Ströme oder weite Nebenarme münden. Man nennt sie alsdann Ueberlässe. Durch einen solchen wird der Rhein nahe unterhalb der Preufsischen Grenze in die Yssel, und so auch die Maas in den Biesbosch entlastet.

Um zu entscheiden, ob Fluthrinnen, und besonders ob Ueberlässe nothwendig sind, mufs man das Fluthprofil des eigentlichen Stroms in der oben angedeuteten Art untersuchen, und wenn man findet, dafs dieses zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so ist es jedenfalls vortheilhafter, es durch Zurücklegung der Deiche gehörig zu verbreiten, als Spaltungen beizubehalten. Bei Untersuchung der Fluthprofile müssen die etwa darin verkommenden Unregelmäfsigkeiten beachtet werden. Man findet nämlich in scharf gekrümmten und engen Strombetten zuweilen stellenweise sehr bedeutende Tiefen, und wenn man nach diesen die Gröfse des Profils berechnet, so scheint oft schon eine geringere Breite zur Abführung des Wassers zu genügen. Man darf jedoch nicht erwarten, dafs solche isolirte Kolke regelmäfsig durchströmt werden, vielmehr bilden sich darin nur wirbelnde Bewegungen. Es ist daher angemessner, dieselben bei Bestimmung der mittlern Tiefe des Strombettes ganz unbeachtet zu lassen, und diese nur aus denjenigen Profilen herzuleiten, worin solche übermäfsige Vertiefungen nicht vorkommen. Aufserdem mufs man auch auf die Widerströme aufmerksam sein, und namentlich beobachten, ob sie auch zur Zeit des Hochwassers eintreten. Es leuchtet ein, dafs, wenn dieses der Fall sein sollte, keineswegs das ganze Profil als Abflufsprofil angesehn werden darf.

Ueberzeugt man sich durch eine solche Untersuchung, dafs das Fluthprofil des eigentlichen Stroms zur Abführung des Hochwassers nicht genügt, so mufs entweder jene Fluthrinne beibehalten, oder ersteres erweitert werden. Die Erweiterung verbietet sich aber häufig, indem entweder das wasserfreie oder doch sehr hohe Terrain auf beiden Seiten weit vortritt, oder wenn Deiche das Profil begrenzen, so liegen zuweilen einzelne Gehöfte und ganze

Ortschaften so nahe dahinter, daſs eine Zurücklegung der Deiche unausführbar ist.

An manchen Strömen hat man gewisse Grenzen für die äuſserste, noch zulässige Beschränkung des Fluthprofils angenommen. Dadurch werden allerdings die Untersuchungen auſserordentlich vereinfacht und manche Mifsgriffe vermieden, es ist aber nicht zu verkennen, daſs die erforderliche Profilbreite, wenn die Wassermenge auch dieselbe bleibt, nicht constant ist, sondern theils vom Gefälle, und theils von der Höhenlage des Thalgrundes abhängt. Der Einfluſs des letztern Umstandes pflegt besonders von groſser Bedeutung zu sein, und darf daher nicht unbeachtet bleiben.

Auſser diesen allgemeinen Rücksichten, welche bei der Wahl der Deichlinien mafsgebend sind, haben auch noch die lokalen Verhältnisse, nämlich die Beschaffenheit und Höhenlage des Bodens, die Benutzungsart desselben, die Lage und Gestalt des Strombettes und andre Umstände einen wesentlichen Einfluſs. Gebäude, Gärten und andre Anlagen wird man möglichst innerhalb des Deichs zu bringen suchen. Insofern die Kosten der Deichanlage sich mit der Höhe des Terrains vermindern, wird man, soviel es geschehn kann, den Deich auf höhere Stellen verlegen. Noch wichtiger ist es, sumpfige Stellen zu umgehn, weil der Deich auf solchen theils eine unsichre Lage hat, also Durchquellungen darunter eintreten, er auch wohl bei starkem Wasserdruck ganz zurückgeschoben werden kann. Gewöhnlich giebt der weiche Untergrund unter dem Gewicht eines schweren Deiches nach, oder die zuerst aufgebrachten Erdschüttungen versinken, wodurch die Erdarbeiten ausgedehnter werden.

Die Unterhaltung eines Deichs wird auſserordentlich erschwert, wenn kein breites und höhres Vorland sich vor ihm befindet. Fehlt dieses ganz und berührt sein Fuſs unmittelbar den Rand des Strombettes, so wird er sowohl von der Strömung, als vom Wellenschlage angegriffen, und ungewöhnliche Mittel müssen zu seinem Schutz angewendet werden. Man nennt ihn alsdann einen Schaardeich. Die Gefahr wird aber noch gröſser, wenn ein solcher Deich zugleich das concave Ufer bildet, weil alsdann auch in Folge der Stromkrümmung das Wasser und Eis dagegen getrieben wird. Der Wellenschlag ist aber an solchen Deichen besonders gefähr-

lich, die den heftigsten Stürmen von der Wasserseite ausgesetzt sind, und zugleich eine grofse Tiefe vor sich haben.

Man mufs demnach bei Anlage neuer Deiche dieselben in gehöriger Entfernung von dem Strombette halten, aber es ist auch nothwendig, durch Uferdeckungen dafür zu sorgen, dafs der Strom nicht weiter einbricht und dadurch Gefahren herbeiführt, die ursprünglich nicht bestanden. Dieses ist oft geschehn, und die Deiche sind dadurch nicht selten so starken Angriffen ausgesetzt worden, dafs man sie nicht halten konnte, und sich gezwungen sah, sie weiter landwärts zurückzulegen.

Endlich pflegt man noch für die Wahl der Deichlinie die Regel aufzustellen, dafs der Deich nie eine Lage erhalten darf, in welcher er direct vom Strom getroffen wird. Dieses besagt indessen nichts andres, als dafs keine scharf einspringenden Buchten oder vortretende Ecken in der Deichlinie vorkommen dürfen, wovon schon die Rede war.

Was die Höhe der Deiche betrifft, so geht man allgemein von dem Grundsatz aus, dieselbe nur nach den Anschwellungen des Stroms bei offnem Wasser zu bemessen. Sobald Eisversetzungen eintreten, können diese unter ungünstigen Umständen einen Stau veranlassen, der jede Grenze übersteigt. Es würden daher die Kosten der Deichanlagen sich übermäfsig steigern, wenn man eine Höhe wählen wollte, welche selbst bei Eisstopfungen ein Uebertreten des Wasser verhinderte, und eine volle Sicherheit wäre in dieser Beziehung doch nie zu erreichen. Der Deich an dem einen Ufer läfst sich freilich gegen solche Gefahr sichern, wenn man ihn höher hält, als den gegenüber liegenden. Allein ein Wettstreit dieser Art, der augenscheinlich die eigne Sicherheit nur auf die Vergröfserung der Gefahr für den Nachbar begründet, sollte gesetzlich verboten sein. Gewöhnlich geschieht es auch, dafs nach der Erhöhung des Deichs auf einem Ufer der gegenüberliegende gleichfalls erhöht wird, und sonach der bei der ersten Anlage beabsichtigte Vortheil verschwindet, dafs nämlich der letzte Deich bei hohem Wasser früher überströmt werden und brechen möchte.

Das Mittel, welches man anwendet, um das Uebertreten des Hochwassers zur Zeit einer Eisstopfung zu verhindern, ist die

temporäre Erhöhung des Deichs an solchen Stellen, wo er am meisten gefährdet ist, oder das Aufkahden. Hiervon wird später bei Gelegenheit der Unterhaltung der Deiche die Rede sein. Aufserdem ist es aber noch üblich, den Deichen gleich bei ihrer Erbauung an den Stellen, wo ein Ueberströmen und Durchbrechen besonders gefährlich sein würde, eine gröfsere Höhe zu geben. Dieses geschieht namentlich, wenn Dörfer oder Städte unmittelbar dahinter liegen.

Die Deichhöhe bestimmt man gewöhnlich in der Art, dafs das bekannte höchste offne Wasser noch 1 Fufs unter der Krone bleibt. Bei neuen Deichanlagen ist es schwierig, diese Höhe genau zu ermitteln, da die Beengung des Flufsprofils eine, wenn auch nur geringe Erhebung des Wasserstandes zur Folge hat. Diese Höhe ist aber aufserdem auch nicht constant, insofern die Ströme, in Folge der zunehmenden Bodencultur in ihrem Gebiete, das Wasser, welches als atmosphärischer Niederschlag herabfällt, immer schneller aufnehmen, und daher die Wassermasse, welche sie zur Zeit der höchsten Anschwellungen abführen, immer gröfser wird. Es mufs daher die Deichhöhe von Zeit zu Zeit verändert werden, wie dieses auch allgemein geschieht.

Demnächst entsteht die Frage, welche Breite die Krone oder die Kappe des Deichs erhalten soll. Jedenfalls mufs dieselbe mindestens so gewählt werden, dafs man auf dem Deich noch fahren kann. Dieses ist namentlich für seine Unterhaltung und Sicherstellung zur Zeit der Gefahr von besondrer Wichtigkeit, da die Wege im Innern der Niederung alsdann stark durchweicht und nur mit Mühe zu passiren sind. Aufserdem gewährt eine grofse Kronenbreite dem Deich auch eine wesentliche Verstärkung, indem er bei eintretender Beschädigung und beim Einsturz der Dossirungen alsdann noch längere Zeit dem vollständigen Durchbruch widersteht. Man macht daher die Krone 10 bis 12 Fufs breit. Wo es an Erde gebricht, oder dieselbe nur mit übermäfsigen Kosten aus weiter Enfernung beigeschafft werden kann, mufs man sich allerdings mit einer geringern Breite begnügen, und dieselbe wird alsdann bis auf 6 Fufs beschränkt. Man verstärkt aber zuweilen den Deich noch dadurch, dafs man auf seiner innern oder der Landseite ein Banket anbringt, wie Fig. 382 zeigt. Man findet in dieser Anordnung sogar den Vortheil, dafs man bei hohen Anschwel-

lungen, während Eisschollen auf den Deich geschoben werden, oder die Wellen hinaufschlagen, auf solchem Banket bequemer, als auf der Deichkrone die Materialien zur Sicherung des Deichs anfahren kann. Dieser Vorzug wird indessen durch andre Nachtheile aufgehoben. Das tiefer liegende Banket kann die Gefahren einer schwachen Ueberströmung nicht in dem Maafs schwächen, als eine breitere Krone. Die schmale Krone gestattet überdiefs nicht eine kräftige und hohe Aufkahdung, und legt man ein breites Banket nicht gar zu tief an, so ist die dazu erforderliche Erdmasse gröfser, oder der Deich wird theurer, als wenn man ihn mit einer gehörig breiten Krone versehn hätte.

Die Krone legt man meist nicht horizontal, sondern man giebt ihr entweder, wie einer Strafse, eine schwache Wölbung, läfst sie also nach beiden Seiten abfallen, oder man erhöht sie auf der innern Seite, damit das Wasser nach dem Strom abfliefst. Diese letzte Anordnung empfiehlt sich, insofern dadurch der höchste Rücken am meisten geschützt ist, auch von dem aufschiebenden Eise am wenigsten getroffen wird.

Die Krone wird in vielen Fällen in gleicher Art, wie die beiderseitigen Dossirungen behandelt, also mit Rasen bedeckt. Wenn aber eine starke Passage auf dem Deich stattfindet, so mufs man sie wenigstens durch aufgeschütteten Sand befestigen.

In Betreff der Dossirungen bemerkt man bei den Deichen sehr grofse Verschiedenheiten. Zum Theil rühren diese davon her, dafs sowohl die Lage des Deichs, als auch das Material, woraus er besteht, bald eine gröfsere, bald eine mindere Vorsicht bedingt. Aufserdem aber hat man sich häufig auch zur Wahl sehr steiler Dossirungen entschliefsen müssen, weil die disponibeln Geldmittel zur Darstellung flacher Böschungen nicht ausreichten. Bei der gewöhnlichen Unterhaltung der Deiche, wobei vorzugsweise die Erde in den obern Theilen aufgebracht wird, werden die Böschungen nach und nach steiler, als sie ursprünglich waren. Um so nöthiger ist es, die Deiche bei der ersten Anlage in recht starken Profilen darzustellen. Das Deichreglement für das Herzogthum Cleve von 1767 schreibt vor, dafs bei guter Erde die äufsere Dossirung eine vierfache, die innere dagegen eine dreifache Anlage haben soll, wenn aber sandige Erde genommen werden mufs, so soll die Anlage der äufsern Dossirung wenigstens fünf- bis sechsfach sein.

Im Allgemeinen begnügt man sich mit bedeutend schwächern Dossirungen, und man hält Deiche schon für hinreichend gesichert, wenn die äufsere Böschung eine dreifache und die innere eine zweifache Anlage hat. Dieses dürfte indessen als die äufserste Grenze anzusehn sein, die man selbst unter günstigen Verhältnissen nicht überschreiten darf. Es giebt freilich eine grofse Anzahl älterer Deiche, die viel steiler sind, aber die vielfachen und stets wiederkehrenden Beschädigungen, so wie die grofsen Gefahren, denen sie ausgesetzt sind, lassen keinen Zweifel, dafs ihre Anordnung unzweckmäfsig ist und keine hinreichende Sicherheit bietet.

Die beiderseitigen Dossirungen der Deiche sind nicht nur wie bei andern Anschüttungen nothwendig, um die obern Erdtheilchen am Herabfallen durch ihr eignes Gewicht zu verhindern, und um die Bildung eines festen Rasens darauf möglich zu machen, sondern sie sollen auch eine Quellenbildung in der Nähe des Fufses, wo der Wasserdruck dieselbe am meisten begünstigt, erschweren. Aufserdem ist die äufsere Dossirung den Angriffen des Stroms, des Eises und besonders des Wellenschlages ausgesetzt, wobei leicht Beschädigungen der Decke und des Erdkörpers entstehn. Es leuchtet aber ein, dafs in solchem Fall die gelöste Erde oder die Rasendecke, die ihre Unterstützung verloren hat, um so leichter herabstürzt, also auch der Bruch sich schneller ausdehnt, je steiler die Böschung ist. Aus diesem Grunde ist es nothwendig, eine recht flache Dossirung für die äufsre Seite zu wählen.

Insofern die Strömung mit der zunehmenden Höhe des Wasserstandes sich verstärkt, daher bei höhern Anschwellungen das Eis mit gröfserer Geschwindigkeit vorbeitreibt, auch der Wellenschlag alsdann am heftigsten wird, und die Beschädigungen in beiden Fällen vorzugsweise in der Nähe des jedesmaligen Wasserspiegels eintreten, so dürfte man vermuthen, dafs es zweckmäfsig sei, die äufsere Dossirung eines Deichs in der Nähe der Krone abzuflachen. Dieser Vorschlag ist in der That von Woltman einst gemacht, jedoch später wieder zurückgenommen, weil anerkannt werden mufste, dafs wenn der Angriff des höchsten Wassers auch am stärksten ist, und vorzugsweise die in dessen Niveau liegenden Theile des Deichs trifft, doch die Dauer dieser Gefahr sich auf sehr kurze Zeit beschränkt und Ausbesserungen hier viel früher möglich sind, als am Fufs des Deichs, der oft mehrere Wochen hindurch unter

Wasser bleibt. Aufserdem zeigt auch die Erfahrung, dafs die untern Theile selbst einer flachen Dossirung, vielfach beschädigt werden, und steil abgebrochen sind, sobald sie aus dem Wasser treten.

Die innern, oder die landwärts gekehrten Dossirungen sind ähnlichen Zerstörungen nicht ausgesetzt, aber nichts desto weniger verstärken auch sie den Deich, und erleichtern seine Vertheidigung, wenn sie recht flach sind. Sobald das Wasser aber die Deichkrone übersteigt, so stürzt es über die innere Böschung mit um so gröfserer Heftigkeit, je steiler dieselbe ist, und veranlafst durch Aufreifsen des Grundes um so schneller einen tiefen Durchbruch. Solche Deiche oder Deichstrecken, die man regelmäfsig oder in aufserordentlichen Fällen einer Ueberströmung aussetzen will, müssen daher mit einer sehr flachen innern Böschung versehn sein. Die Sommerdeiche erhalten deshalb gewöhnlich, wenn sie aus guter zäher Erde bestehn, eine sechsfache Anlage.

Zu dem Deichkörper gehören noch die Anfahrten, die jedesmal besonders angeschüttet werden müssen, nicht aber durch Einschneiden in den Deich dargestellt werden dürfen. Man legt sie entweder normal gegen die Richtung des Deichs, alsdann unterbrechen sie aber den daneben führenden Weg, und geben Veranlassung, dass derselbe herumgeführt werden muss, während die scharfen Biegungen am obern und untern Ende der Anfahrt sehr unbequem sind. Die nach dem Aussendeich führende Anfahrt bildet aber bei solcher Richtung nichts andres, als eine senkrechte Buhne, die theils selbst einem starken Angriff ausgesetzt ist, theils aber auch durch den Wirbel den sie erzeugt, den stromabwärts anschliefsenden Theil des Deichs gefährdet. Weit vortheilhafter ist es daher, die Anfahrten durch Rampen zu bilden, die unmittelbar am Fufs des Deichs beginnen und längs der Dossirung bis zur Krone ansteigen. Hier bilden sie eine Verbreitung der letztern, und gewöhnlich läfst man sie dahinter wieder herabgehn, damit das Fuhrwerk, welches von der einen oder der andern Seite kommt, ohne eine scharfe Wendung machen zu dürfen, auf die Deichkrone gelangen kann.

Auf der innern Seite des Deichs zieht sich gewöhnlich ein Weg hin, der landwärts durch einen Graben begrenzt wird. In vielen Fällen ist dieser Graben nicht allein zur Abführung des

Wassers angelegt, vielmehr ist er entstanden, indem man hier einen Theil der zum Deichbau erforderlichen Erde entnahm. In solchem Fall pflegt er sehr breit und tief zu sein, und er befördert alsdann in hohem Grade das Durchquellen des Wassers durch den Deich und gefährdet daher den Letztern. Auf der Stromseite muſs der Deich, wo möglich sich an ein hohes und gut benarbtes Vorland anschlieſsen, und besonders dürfen daneben keine zusammenhängende Vertiefungen oder Gräben sich befinden, weil diese die Strömung vor seinem Fuſs verstärken würden.

§. 92.

Ausführung der Deiche.

Bei Ausführung der Deiche sind dieselben Regeln zu beachten, die bereits bei Behandlung der Erddämme vor Reservoiren und der Canaldämme (§. 85 und §. 86) näher bezeichnet wurden. Man muſs die Deiche aus reiner Erde aufschütten, Rasen, Wurzeln, Sträucher, Torfstücke und dergl. dürfen darin nicht vorkommen, weil sie die innige Verbindung der Masse verhindern und leicht zur Bildung von Quellen Veranlassung geben. Aus demselben Grunde darf die Erdschüttung auch nicht auf dem Rasen liegen, vielmehr muſs dieser vorher abgestochen, auch wohl der Boden darunter aufgelockert werden, damit er sich inniger mit dem eigentlichen Deichkörper verbindet. Wenn aber Bäume in der Deichlinie stehn, so müssen diese nicht nur entfernt werden, sondern man muſs aus dem angegebenen Grunde auch ihre Wurzeln vollständig beseitigen.

Die Erde wird in dünnen Lagen aufgebracht, die entweder horizontal, oder nach der Binnenseite schwach ansteigend aufgeschüttet und in etwas feuchtem Zustande fest gestampft werden. Wenn man aber die Erde in Karren anfährt, die mit Pferden bespannt sind, so kann man das Stampfen entbehren, indem die Pferde und die Wagen schon den Boden befestigen, doch muſs dafür gesorgt werden, dass ein solches Durcharbeiten alle Theile der Anschüttung gleichmäſsig trifft. Findet man eine gute Erde in hinreichender Masse in der Nähe, so wird der ganze Deich daraus gebildet, wenn dieses aber nicht der Fall ist, so muſs

wenigstens die äufsere Dossirung mehrere Fufs hoch aus solcher bestehn. In Betreff der Aufstellung der Chablonen und der Ueberhöhung des Deiches, um das Setzen oder Sacken unschädlich zu machen, gilt dasselbe, was bereits oben angeführt ist. Ebenso ist auch die Besaamung mit Gras der Bedeckung mit Rasen vorzuziehn, und die erwähnten Vorsichtsmaafsregeln zur vorläufigen Sicherung des Deichs, oder zur Bewirkung eines festen Schlusses der Rasen finden auch hier ihre Anwendung.

Die Stromdeiche sind von den Canaldämmen in sofern verschieden, als sie nicht nur den Druck des davor stehenden Wassers auszuhalten haben, sondern dieses mit Heftigkeit vorbeiströmt, schwere Eisschollen mit sich reisst, welche häufig gegen die Deiche stofsen, auch der Wellenschlag wegen der gröfsern Tiefe und der gröfsern Ausdehnung der davorstehenden Wasserflächen verheerendere Wirkungen äufsert. Sie müssen daher eine gröfsere Widerstandsfähigkeit besitzen, und man versieht sie aus diesem Grunde, wie bereits erwähnt, mit flachern äufsern Dossirungen. Hierzu kommt noch, dafs die Stromdeiche keineswegs, wie Canaldämme, dauernd denselben Wasserstand vor sich haben. Sie bleiben vielmehr meist den ganzen Sommer hindurch vollständig trocken, und selbst im Herbst und im Anfang des Winters, bis der Frost eintritt, wird ihr Fufs häufig gar nicht vom Wasser berührt. Wegen ihrer freien Lage trocknen sie alsdann sehr stark aus, und bleiben in diesem Zustande, bis plötzlich beim Aufbrechen des Eises der Strom anschwillt und sich vielleicht bis nahe an ihre Krone erhebt.

Die Benutzung einer reinen Thonerde, obwohl dieselbe ohne Zweifel die gröfste Zähigkeit besitzt, und dem Strom und Wellenschlag am sichersten widersteht, ist dennoch für Deiche in sofern bedenklich, als sie beim Trocknen stark reifst, und dadurch leicht gefährliche Quellungen veranlafst. Eine Erde, der etwas Sand beigemengt ist, wird daher ziemlich allgemein als vorzüglicher erachtet, und häufig findet man solche in den Flufsthälern. Sie ist am brauchbarsten, wenn sie aus demjenigen Gemenge besteht, welches man zur Fabrikation von Ziegeln benutzt. Der Niederschlag, der sich auf den Aufsendeichen des Unterrheins und der Waal absetzt, hat gemeinhin diese Beschaffenheit, und man verwendet denselben daher sehr vortheilhaft zur Aufführung und Unterhaltung der Deiche. Eine gute Ackererde, welche einen bedeuten-

den Zusatz von Humus oder organischen Stoffen enthält, wird häufig auch als brauchbare Deicherde angesehn. Dieselbe gewährt in der That den grofsen Vortheil, dafs sie sich besonders leicht mit einem kräftigen Rasen überzieht, und wenn sie an sich auch weniger Widerstandsfähigkeit, als der Klaiboden besitzt, so wird dieser Mangel doch durch die festere Decke ersetzt. Es tritt indessen hierbei zunächst der Uebelstand ein, dafs eine Masse Larven und Würmer in dem Deiche sich vorfinden, und wenn dieselben an sich auch nicht schädlich sind, so veranlassen sie, dafs Maulwürfe sich zahlreich hineinziehn, deren Gänge schon häufig starke Quellungen und selbst Durchbrüche von Deichen verursacht haben. Aufserdem geht diese Erde bei der wechselnden Nässe und Trockenheit mit der Zeit in einen Zustand der Verwitterung oder Verwesung über, worin sie alle Festigkeit verliert. Beim Aufgraben alter Deiche findet man häufig Lagen eines feinen, ziemlich hellen Pulvers, das weder im nassen, noch im trocknen Zustande bindet, und fast das Ansehn von Asche hat. Es wäre freilich möglich, dafs dasselbe von vegetabilischen Stoffen herrührt, die man unvorsichtiger Weise mit in die Deiche gepackt hat, wenn man aber dieses auch annehmen wollte, so müfste man doch voraussetzen, dafs solche Stoffe nach der ersten Fäulnifs sich in Humus verwandelt hätten. Erfahrne Deichbeamte haben mich wiederholentlich auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht und nicht selten habe ich sogar den Ausdruck gehört, dafs die Deicherde verfault sei.

Man entnimmt die zur Anlage und Erhaltung der Deiche erforderliche Erde am passendsten aus dem Aufsendeiche oder aus dem Vorlande, weil sie sich hier durch die Niederschläge des Stroms bald wieder ersetzt. Auch wird durch solches Abgraben des Vorlandes der Erhöhung desselben, wenn auch nur in sehr geringem Maafse, vorgebeugt. Man mufs indessen die Erde nur aus einzelnen Gruben oder Pütten entnehmen, die unter sich nicht in Zusammenhang gebracht werden, weil sie sonst eine tiefe Rinne bilden, durch welche der Strom sich hindurchziehn und einen Nebenlauf darstellen könnte, der besonders nachtheilig für den Deich wäre, wenn er sehr nahe an demselben läge. In diesem Fall würde eine stärkere Strömung hier statt finden, während der Deich durch kein gehörig breites Vorland geschützt ist. Man sticht die Erde daher in der Art aus, dafs die Pütten in ihrer Längenrichtung

normal gegen den Strom gerichtet sind, und läfst zwischen ihnen Erdrücken stehn, die eben so breit, wie sie selbst sind. Aufserdem ist aber dafür zu sorgen, dafs die so gesicherte Reihe von Pütten noch mehrere Ruthen weit vom Deich entfernt bleibt. Diese Pütten pflegen in einigen Jahren sich vollständig wieder anzufüllen, so dafs man sie bald nicht mehr erkennen, und sie zu gleichem Zweck aufs Neue wieder eröffnen kann. In manchen Fällen verursacht die Beschaffung der Erde grosse Schwierigkeiten, und man sieht sich zuweilen gezwungen, sie aus dem Binnenlande zu entnehmen. Indem dieses aber schon an sich niedrig liegt, und eine Wiederanfüllung der Gruben darin nicht erfolgen kann, so wird in solchem Fall die Oberfläche derselben für beständig der Cultur entzogen, oder doch ihr Ertrag vermindert.

Das Bepflanzen der Deiche mit Bäumen und Sträuchern, und zwar eben sowohl auf der Krone, als den Dossirungen, darf nicht gestattet werden, weil theils die Bäume bei Stürmen hin und her bewegt werden, und dadurch ihre Wurzeln die Erde auflockern, theils aber auch diese Wurzeln die Bildung von Wasseradern veranlassen. Ebenso ist es gemeinhin auch untersagt, Zaunpfähle u. dergl. tief einzutreiben oder einzugraben.

§. 93.

Entwässerung der Polder.

Ein geschlofsner Deich, der den Eintritt des Hochwassers in die dahinter liegende Niederung vollständig verhindert, unterbricht auch die natürliche Entwässerung derselben, und zwar nicht nur zur Zeit des Hochwassers, sondern selbst bei kleinem Wasser. Der Deich mufs daher mit einer Durchfluſs-Oeffnung versehn werden, die man zur Zeit der Anschwellungen schliefsen, zur Zeit des kleineren Wassers aber öffnen kann. Hierzu dienen die Entwässerungsschleusen, die man auch Siele nennt, wiewohl dieser Name vorzugsweise in See-Marschen üblich ist.

Um die Wirksamkeit der Siele zu sichern, mufs die Niederung mit einem vollständigen und gehörig angeordneten System von Abzugsgräben durchzogen sein, die in gleicher Weise, wie bei Gelegenheit der Entwässerung von Sümpfen bereits erwähnt wurde

(Theil I, §. 27), wie die Zweige und Aeste eines gemeinschaftlichen Stammes zuletzt in den Haupt-Abzugsgraben oder den Busen münden, der nach dem Siel führt. Endlich mufs von dem Siel durch den Aufsendeich bis zum Strombett noch ein Graben, der sogenannte Aufsengraben, oder das Sieltief angelegt und offen erhalten werden. Auch bei Niederungen kommt es beinahe jedesmal darauf an, schon geringe Niveau-Differenzen zur Entwässerung zu benutzen, man kann daher keine starken Gefälle und heftige Strömungen erzeugen. Um so nöthiger ist es, die Gräben in hinreichender Weite und Tiefe offen zu erhalten, damit sie bei mäfsiger Strömung schon bedeutende Wassermassen abführen.

In den Flufsniederungen kommt es nicht leicht vor, dafs einzelne noch tiefer belegne Flächen oder Meere von denselben umschlossen werden, dagegen haben auch hier zuweilen ganze Polder, wie etwa an der Nogat eine so tiefe Lage, dafs sie nur künstlich, oder mittelst Schöpfmaschinen trocken gelegt werden können. Alsdann gehören auch diese Maschinen mit den betreffenden sonstigen Anlagen zu den Entwässerungs-Anstalten. In allen Fällen hat jede durch einen gemeinschaftlichen Deich umschlofsne Niederung, also jeder Polder, auch seine besondre Entwässerung, und wenn nicht etwa einzelne Meere darin liegen, so stehn alle Gräben der ganzen Niederung mit dem Busen in unmittelbarer Verbindung, so dafs nahe derselbe Wasserstand, den dieser annimmt, sich in allen Gräben darstellt. Eine Ausnahme hiervon tritt nur ein, wenn bei besonders starker Auswässerung ein merkliches Gefälle sich bildet, oder wenn vielleicht ein heftiger Sturm das Wasser nach der einen Seite hinübertreibt.

Jeder Deichverband hat nach Maafsgabe der Höhenlage des Terrains und der Culturart des Bodens einen normalen Stand für das Wasser im Busen angenommen, und die Entwässerungsschleuse mufs so gehandhabt werden, dafs dieser Stand im Frühjahr möglichst bald dargestellt wird, das Wasser jedoch nicht darunter sinkt. Wenn keine künstliche Entwässerung stattfindet, so hängt der Eintritt des Zeitpunkts, in welchem das Binnenland trocken wird, vom Verhalten des Stroms ab. Während der Anschwellung desselben mufs natürlich die Entwässerungsschleuse geschlossen werden, und indem der Schnee im Binnenlande schmilzt, dazu auch noch das Regenwasser kommt, und Quellen sowohl vom

höhern Ufer, als noch mehr durch die Deiche eindringen, so steigt das Wasser in dem Busen und in allen damit verbundenen Gräben, und inundirt häufig, ohne dafs der angeschwollene Strom unmittelbar in die Niederung gedrungen wäre, einen grofsen Theil derselben. Sobald alsdann der Strom bis zum Wasserspiegel des Busens gesunken ist, so öffnet man die Entwässerungsschleuse, um beim weitern Fallen des Stroms sogleich die Entwässerung beginnen zu lassen. Bei raschem Sinken des Aufsenwassers bildet sich ein starkes Gefälle, und die Auswässerung geht schnell vor sich. Gegentheils erfolgt sie aber nur langsam, und wenn der Strom, wie oft geschieht, inzwischen wieder steigt, so mufs die Schleuse aufs Neue geschlossen werden, und oft vergehn Monate, ehe endlich der normale Stand sich dargestellt hat. Sobald dieser erreicht ist, schliefst man die Schleuse, weil die Niederung sonst an zu grofser Trockenheit leiden und dadurch der Ertrag der Wiesen und Aecker beeinträchtigt würde. Bei anhaltender Dürre sinkt jedoch der Wasserstand in der Niederung in Folge der Verdunstung immer tiefer herab, während die Auswässerung vollständig unterbrochen ist, und sogar das Regen- und Quellwasser absichtlich zurückgehalten wird. In solcher Zeit entstehn häufig grofse Verlegenheiten wegen Wassermangel. Die Feldfrüchte und selbst das Gras werden am Wachsthum verhindert, und indem die Gräben trocken liegen, mufs das Vieh, welches sonst sich selbst überlassen auf den Weiden bleibt, in weite Entfernungen nach den Tränken getrieben werden. Wenn alsdann der Strom wieder zu schwellen anfängt, so öffnet man die Schütze der Entwässerungsschleuse und läfst das Wasser in die Niederung hineinströmen. Ein solcher günstiger Fall ereignet sich indessen in Stromstrecken nicht leicht, die von den periodischen Schwankungen der Fluth und Ebbe nicht getroffen werden. Dagegen bietet sich bei einem lang ausgezogenen Polder zuweilen die Gelegenheit, von dem Gefälle des Stroms in dieser Beziehung Vortheil zu ziehn, und durch eine im obern Theil des Deichs angebrachte Einlafsschleuse, die Gräben und Busen nach Bedürfnifs zu füllen. Auch kann man vielleicht Bäche, welche sonst durch besondere Deiche von der Niederung entfernt gehalten werden, derselben in solchem Falle zuführen.

Die Zuführung fremden Wassers in eingedeichte Polder wird zuweilen noch in andrer Beziehung nothwendig, nämlich um

entweder den Boden durch die im trüben Wasser schwebenden Erdtheilchen zu düngen, oder auch wohl um den Boden auszulaugen, und die darin enthaltenen, der Vegetation nachtheiligen Stoffe in dem reinen Wasser aufzulösen, und sie später mit diesem abfliefsen zu lassen. Im ersten Fall wird eine Art von Colmation (Theil I. §. 28) beabsichtigt. Der zweite Fall tritt ein, wenn der Boden aus Seen aufgewachsen ist, in welchen das Wasser besonders starken Salzgehalt hat. So schreiten die Verlandungen an der Mündung der Rhone von Jahr zu Jahr weiter vor. Wenn das neue Land aber eingedeicht ist, so zeigt es sich ganz unfähig zu allen Culturen, und man mufs mehrere Jahre hindurch die Rhone, so oft sie angeschwollen ist, eintreten und ihr Wasser längere Zeit darin stehn lassen, bis es sich mit dem aus dem Boden ausgezogenen Salz gesättigt hat. Alsdann erst wird es wieder in das Mittelländische Meer abgelassen, und auf diese Art der Boden nach und nach culturfähig gemacht.

Die Entwässerungsschleusen oder Siele sind nichts andres als Archen, die in dem Deiche liegen. Sie stimmen in ihrer Construction mit den Freiarchen (§. 46) überein. Jedenfalls müssen sie so eingerichtet sein, dafs sie den höchsten äufsern Wasserstand abhalten, aufserdem aber müssen sie, wie so eben erwähnt, zuweilen auch das Binnenwasser gegen den äufsern niedrigern Wasserstand zurückhalten. Indem an Strömen, welche dem Wechsel der Fluth und Ebbe nicht ausgesetzt sind, die Wasserstände nicht so schnell sich verändern, dafs in kurzen Zwischenzeiten die Entwässerungsschleusen in Thätigkeit gesetzt und wieder geschlossen werden müssen, sie vielmehr gewöhnlich Monate hindurch offen oder geschlossen bleiben, so ist es entbehrlich, sie so einzurichten, dafs sie von selbst dem Wasser den Durchgang eröffnen oder sperren. Anders verhält es sich mit den Entwässerungsschleusen an der Nordsee oder ohnfern der Strommündungen daselbst, die an jedem Tage zweimal hohes und zweimal niedriges Wasser vor sich haben. Diese werden mit Stemmthoren versehn, die durch das erstere geschlossen und beim Eintritt des letztern durch das höhere Binnenwasser geöffnet werden. Die Entwässerungsschleusen vor eigentlichen Stromniederungen, von denen hier allein die Rede ist, haben gewöhnlich Schütze, und zwar doppelte, von denen nämlich das eine, oder bei gröfsern Oeffnungen mehrere

zusammengehörige das äufsere Hochwasser, und die übrigen das höhere Binnenwasser, so oft dieses nöthig ist, zurückhalten. Wenn das Heben der Schütze noch eine äufsere Kraft erfordert, so ist die ganze Einrichtung doch einfacher, weniger den Beschädigungen unterworfen und selbst sichrer in ihrem Erfolge, als die Benutzung der sich selbst überlassenen Stemmthore. Dieses ist der Grund, weshalb es nicht räthlich ist, die Anwendung der letztern weiter auszudehnen, als die Fluth und Ebbe sich erstreckt. Diese Ansicht ist indessen nicht allgemein angenommen, denn man findet zuweilen auch an den obern Flufstheilen Siele mit Stemmthoren.

Wenn der Polder nur geringe Ausdehnung hat, also die abzuführende Wassermasse auch nie bedeutend wird, so pflegt man wohl statt der Schleusen nur sogenannte Krüper anzulegen. Dieses sind hölzerne Rinnen, einen oder wenige Fufs weit und hoch, die man durch die Deiche legt. Zuweilen werden sie gleichfalls durch Schütze geschlossen, gewöhnlich aber nur an der Stromseite durch eine Klappe, die am obern Rahm der Rinne mittelst Charnieren befestigt ist, die also bei höherm Stande des Binnenwassers sich öffnet, sonst aber geschlossen bleibt.

Die eigentlichen Siele sollen bei Gelegenheit der Seedeiche näher beschrieben werden. In Betreff der Construction der Entwässerungsschleusen in Flufsdeichen wäre nur zu erwähnen, dafs man ihre Seitenmauern entweder bis zur Krone der Deiche heraufführt, und den Schützen, die aus mehreren über einander gestellten Tafeln bestehn, dieselbe Höhe giebt, oder dafs man sie bei höheren Deichen überwölbt, und die Schütze vor beiden Stirnflächen des Bogens und der Widerlager anbringt. Zuweilen wendet man indessen statt des Massivbaues, auch Constructionen in Holz dabei an. Jedenfalls bildet eine Entwässerungsschleuse eine schwache Stelle im Deich, indem die Verbindung der Erde mit dem Mauerwerk, oder mit dem Holz nicht so innig ist, als der Erde in sich. Dazu kommt noch das Setzen des Deichs, woran die sicher fundirte Schleuse nicht Theil nimmt. Der Erddeich löst sich daher von der Schleuse und theils bilden sich hier Quellungen, theils aber wird der äufsere Rand der Erde vom Wellenschlage übermäfsig angegriffen. Wenn man auch kräftigere Deckungsarten, wie etwa Pflasterungen hierbei benutzt, so mufs dennoch gleich bei Anlage der Schleusen für ihre möglichste Sicherung gesorgt werden. Man

verlegt sie daher an Stellen, wo der Untergrund besonders fest ist, also ein starkes Sacken des Deichs nicht erwartet werden kann, wo aber aufserdem ein sichres und hohes Vorland liegt, auch der Strom nicht dagegen gerichtet ist, und wo endlich auch der Wellenschlag keine Besorgnifs erweckt.

Es ist bereits erwähnt worden, dafs es gemeinhin darauf ankommt, die Entwässerung der Niederung möglichst zu beschleunigen. Zu diesem Zweck mufs die Schleuse die niedrigste Stromstelle treffen, oder sie mufs im untern Ende des Deichs liegen. Wenn der Deich auch nur auf eine Viertelmeile sich längs dem Strom hinzieht, so ist bei einem relativen Gefälle des letztern von 1 : 6000 das bei der Entwässerung zu benutzende absolute Gefälle am untern Ende des Deichs schon um einen Fufs gröfser, als am obern, und dieser Unterschied ist für die Entwässerung von grofser Bedeutung.

Was den Aufsengraben oder das Sieltief betrifft, der das Wasser aus der Schleuse durch das Vorland nach dem Strombett führt, so ist derselbe sehr starken Versandungen ausgesetzt, und zwar in noch höherem Grade, als die Mündungen anderer Bäche, welche zur Zeit der Anschwellungen selbst grofse Wassermassen abführen, und dadurch ihr Bett aufräumen. Man darf diesen Versandungen aber nicht etwa dadurch zu begegnen suchen, dafs man die Schleuse in die Nähe einer Stromkrümme legt, und zwar neben deren concavem Ufer, weil alsdann die Gefahr für sie zu grofs würde. Es bleibt nur übrig, durch Räumungen, die nach jedem Hochwasser vorgenommen werden, den Graben offen zu erhalten. Wo Fluth und Ebbe stattfindet, kann man Spülungen anwenden, und die Wirkung derselben noch durch den Sielpflug (§. 50) verstärken, bei den Gräben vor Flufsdeichen bietet sich hierzu aber keine Gelegenheit.

Wenn die eingedeichte Niederung, wie häufig geschieht, nur als Wiese oder Weideland benutzt wird, so vermindert sich ihr Ertrag durch die Eindeichung, weil dadurch das trübe, mit thonigen Theilchen versetzte Wasser abgehalten wird, sie zu überfluthen und die Niederschläge darauf abzusetzen. Man versucht zuweilen, diesen Vortheil, den eine mäfsige Ueberfluthung mit trübem Wasser gewährt, dadurch herbeizuführen, dafs man solches durch die Entwässerungsschleuse aus dem noch angeschwollnen Strom eintreten

läfst. Der beabsichtigte Erfolg wird dabei für die nächst belegnen Flächen auch erreicht. Indem das Wasser sich aber nur langsam ausdehnt, so reinigt es sich immer mehr, und wenn es auf das entferntere Terrain tritt, so ist es schon vollkommen geklärt, kann daher zur Befruchtung des Bodens nichts beitragen. Das Verhältnifs stellt sich wegen des sanften Abhanges der Niederung günstiger heraus, wenn man das Wasser von oben einläfst, doch kommen Einrichtungen dieser Art nur selten vor, und alsdann auch nur in sehr beschränkter Ausdehnung. Der Grund davon ist zum Theil in der Besorgnifs zu suchen, welche die Vermehrung der Schleusen erregt.

Endlich mufs noch von den künstlichen Entwässerungen die Rede sein. Dieselben erstrecken sich entweder auf die ganze von einem gemeinschaftlichen Winterdeich umschlofsne Niederung, oder nur auf einen Theil derselben, der besonders tief liegt. Zur speciellen Beschreibung eignet sich vorzugsweise der letzte Fall, weil dabei zugleich das Verfahren der Eindeichung und Trockenlegung der sogenannten Meere mitgetheilt werden kann, während ganze Niederungen, die künstlich entwässert werden müssen, ursprünglich wohl nicht so tief lagen, vielmehr entweder durch die Erhöhung des sie umgebenden Wasserspiegels, oder indem sie selbst sich senkten, in diese ungünstige Lage versetzt sind.

Die einzelnen vertieften Stellen in den Niederungen rühren zum Theil von alten Flufsbetten oder Auskolkungen her, die zufällig sich bildeten, in Holland sind sie aber grofsentheils durch Torfgräbereien entstanden, und sie haben in solchem Fall nicht selten eine Tiefe von 15 bis 20 Fufs unter dem umgebenden Wiesengrunde. Wird der Torf daraus gestochen so müssen sie von Wasser frei gehalten werden. Bei gröfserer Tiefe läfst man sie aber sich mit Wasser füllen, und der Torf wird alsdann gebaggert. Derselbe ist sehr fein und frei von allen gröbern Fasern, woher er in weichem, schlammartigen Zustande ausgehoben, gleichmäfsig auf dem Rasen ausgebreitet, und nachdem er einigermaafsen steif geworden ist, in regelmäfsige Stücke zerschnitten wird. Gegenwärtig ist man in der Ertheilung von Concessionen zu solchen Torfstichen sehr vorsichtig geworden. Die Gesellschaften, denen eine Anlage dieser Art gestattet wird, müssen sich verpflichten, in bestimmten Entfernungen gewisse Zwischenwände stehn zu lassen,

damit die Wasserflächen sich nicht so ausdehnen, dafs sie durch heftigen Wellenschlag den Umgebungen gefährlich werden. Aufserdem müssen die Ufer gehörig befestigt werden, und endlich mufs im Zeitraum von 99 Jahren nach Ertheilung der Concession der ganze Torfstich wieder culturfähig gemacht sein, indem das Wasser ausgepumpt und die Fläche mit den nöthigen Anlagen versehn ist, um dauernd entwässert zu werden. In Holland heifsen solche Torfstiche Veenplaassen, sobald sie aber trocken gelegt sind, nennt man sie eine Droogmackerij oder ein Meer.

Bei Trockenlegung solcher Meere mufs zunächst dafür gesorgt werden, dafs das Wasser aus der umgebenden Niederung nicht in die Vertiefung tritt. Zu diesem Zweck beginnt man die Arbeit mit der Ausführung eines Umschliefsungsdeichs oder Ringdeichs. Derselbe braucht nicht die Höhe eines Winterdeichs zu haben, er darf nur so hoch sein, dafs das höchste Binnenwasser des Polders ihn nicht überfluthet. Die dazu erforderliche Erde kann man aber nicht anders gewinnen, als indem man an der äufsern Seite des Deichs einen tiefen Graben, den Ringsloot, oder die Ringfahrt aushebt. Dieser Graben wird mit den Abzugsgräben der Niederung in Verbindung gesetzt und entwässert in den Busen. Das Wasser, welches die Schöpfmaschinen liefern, fliefst zunächst in ihn. Die erste aufgestellte Maschine hebt das Wasser aus einer gewissen, meist sehr mäfsigen Tiefe. Wenn diese nach Monaten, oder bei grofsen Flächen auch wohl erst nach einen Jahr den Wasserstand so tief gesenkt hat, dafs sie mit Vortheil nicht mehr schöpfen kann, so stellt man dahinter eine zweite Maschine auf, die bis zu gröfsrer Tiefe herabreicht. Diese führt der erstern das Wasser zu, und beide bleiben nun gemeinschaftlich in Thätigkeit. Oft kommt später noch eine dritte und in manchen Fällen sogar eine vierte hinzu, bis endlich die Sohle des Meers trocken gelegt ist. Die ganze Reihe dieser zusammengehörigen Schöpfmaschinen nennt man einen Gang.

Bei Trockenlegung des Haarlemmer Meers benutzte man Pumpen, welche durch Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt wurden. Die Dampfkraft ist zu demselben Zweck in den Niederlanden schon im vorigen Jahrhundert angewendet worden, und zwar geschah dieses zuerst in dem Blijdorpschen Polder. Auch später ist mehrfach dasselbe geschehn, nichts desto weniger ist das Wurfrad,

welches durch eine Windmühle getrieben wird, auch gegenwärtig noch die üblichste Vorrichtung zum Entwässern tief liegender Niederungen, und zwar nicht nur in dem Königreich der Niederlande, sondern auch bei uns an der Nogat. Hier hat man jedoch vielfach die Verbindung mit der Windmühle aufgegeben, und dafür den Betrieb durch Dampfmaschinen eingeführt. Indem das Wurfrad zum Heben des Wassers aus den Baugruben beinahe niemals benutzt wird, so konnte die Beschreibung desselben nicht füglich bei Gelegenheit der zu jenem Zwecke dienenden Schöpfmaschinen (Theil I. §. 45) gegeben werden. Dieselbe findet hier ihre passendere Stelle.

Die Figuren 381 *a*, *b* und *c* auf Taf. LV stellen ein Wurfrad der gröfsern Art von der Seite, von oben und von vorn dar. Es hält 16 Fufs im Durchmesser, und seine Schaufeln sind 12 bis 18 Zoll breit. Das Rad wird durch vier in einander verzapfte Arme, die an ihren Enden vier Schaufeln bilden, an eine horizontale Welle befestigt. Je zwei dieser Arme sind jedesmal durch doppelte, darin eingelassene Riegel mit einander verbunden, und in diese Riegel greifen die Enden der Zwischenschaufeln ein, die in der Nähe des Umfanges des Rades noch von zwei starken eisernen oder hölzernen Reifen gehalten werden. Die Anzahl der sämmtlichen Schaufeln ist acht und zwanzig.

Die erwähnte horizontale Welle erhält mittelst eines konischen Kammrades ihre Bewegung von der senkrechten Mittelwelle, welche wie bei gewöhnlichen Mahlmühlen von dem Rade an der Flügelwelle bewegt wird, und bei allen Stellungen der Kappe in gleicher Richtung sich dreht. Das Räderwerk ist so eingerichtet, dafs bei einer Umdrehung des Wurfrades die Flügelwelle nahe zwei Umdrehungen macht. Die sonstige Anordnung der Mühle zeigt nichts Eigenthümliches. Sie steht auf einem Pfahlrost und wird von einer Erdschüttung umgeben, die bis zur Höhe des Deichs sich erhebt, und eine Verbreitung desselben bildet.

Das Gerinne, worin das Wurfrad sich dreht, ist so enge und schliefst sich so genau an die Schaufeln an, dafs dazwischen nur ein sehr geringer Spielraum, von etwa 1 Zoll an jeder Seite und am Boden bleibt. Dieses Gerinne ist mit einer Kröpfung, dem sogenannten Aufleiter versehn, und hinter demselben, möglichst nahe am Rade, und zwar auf der Seite des äufsern höhern

Wassers befindet sich ein schmales Thor, die Wachtthüre genannt. Dieselbe dreht sich wie ein einfaches Schleusenthor um eine senkrechte Achse und wird, sobald die Mühle nicht in kräftigem Gang ist, vom Druck des äufsern Wassers geschlossen, so dafs dieses nicht zurückfliefsen kann. Das Rad dreht sich in solcher Richtung, dafs die untern Schaufeln über dem Aufleiter aufsteigen. Sie reifsen dabei das Wasser mit sich, werfen es zum Theil hoch auf, und veranlassen dadurch einen so starken Druck gegen die Wachtthüre, dafs diese sich öffnet und ein regelmäfsiges Aufmahlen stattfindet, so lange der Wind hinreichend stark ist. Man könnte vermuthen, dafs die Richtung der Schaufeln nicht angemessen gewählt sei, und dafs sie das Wasser besser fassen würden, wenn ihre Verlängerung nicht vor, sondern hinter die Welle träfe. Dabei würde aber der Uebelstand eintreten, dafs das Wasser nicht nach vorn, sondern mehr rückwärts, also nach dem Rade geworfen würde, daher immer aufs Neue gefafst und gehoben werden müfste. Die Höhe, zu der das Wasser gehoben wird, beträgt etwa 4 Fufs.

Ueber den Effect dieser Mühlen wurden in den Jahren 1774 und 1775 wichtige Beobachtungen von Brünings angestellt, deren Zweck die Vergleichung der beschriebenen senkrechten Wurfräder mit ähnlichen schräge gestellten war. Letztere waren kurz vorher erfunden, und man meinte, dafs sie viel mehr als jene leisteten. Die Beobachtungen ergaben dieses indessen nicht, und die schrägen Räder haben überhaupt wenig Anwendung gefunden. Die Mühle mit dem senkrechten Wurfrade, welche zu den Versuchen benutzt wurde, war die Binnenwegsche Mühle an der Bleiswijkschen Droogmackerij. Das Wurfrad derselben hielt 19 Fufs 9 Zoll im Durchmesser, und die Schaufeln waren $18\frac{3}{4}$ Zoll breit. Die Anzahl derselben betrug acht und zwanzig. Bei einer Umdrehung dieses Rades drehte sich die Flügelwelle 1,94 mal um. Jeder der vier Mühlenflügel war 44 Fufs lang. Die Breite der windfangenden Fläche am Ende des Flügels betrug mit Einschlufs des Bortes 7 Fufs 10 Zoll, und der Inhalt der ganzen windfangenden Fläche an allen vier Flügeln mafs 1240 Quadratfufs.

Bei schwachem Winde, wobei das Wurfrad sich nur langsam drehte, leistete dasselbe gar nichts, indem das Wasser zwischen den Schaufeln und dem Gerinne wieder zurückfloís. Die Wacht-

thüre öffnete sich erst, sobald die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades über 2 Fuſs stieg, aber auch dann war die Leistung noch sehr unbedeutend. Die nachstehende Tabelle weist die wichtigsten Resultate der Beobachtungen nach. Die erste Spalte bezeichnet die Geschwindigkeit des Windes, die zweite die des Wurfrades und zwar am Umfange desselben. Beide sind in Fuſsen und für eine Secunde ausgedrückt. Die dritte Spalte giebt die Anzahl der Cubikfuſs Wasser an, die während einer Minute 4 Fuſs hoch gehoben wurden, und die vierte bezeichnet die bei einer Umdrehung der Flügelwelle gehobene Wassermenge gleichfalls in Cubikfuſs.

Geschwindigkeit		Wassermenge	
des Windes.	des Wurfrades.	in 1 Minute.	bei 1 Umdrehung.
14,8	3,7	420	61
17,7	4,9	772	84
22,0	6,0	1276	113
27,3	7,3	1990	145
30,5	8,3	2100	132
35,3	10,2	2486	128

Man ersieht hieraus, daſs bei zunehmender Geschwindigkeit des Windes und des Rades der Effect zwar zunimmt, doch keineswegs in gleichem Verhältniſs. Das Rad hebt bei einer Umdrehung die gröſste Wassermenge, wenn seine Geschwindigkeit etwas über 7 Fuſs in der Secunde beträgt. Daſs es bei langsamerer Bewegung weniger leistet, ist sehr erklärlich, weil alsdann das Wasser leichter durch die freien Seitenräume zurückflieſsen kann, auffallend ist es aber, daſs der Effect auch bei gröſserer Geschwindigkeit sich wieder vermindert. Vielleicht rührt dieses davon her, daſs das Wasser alsdann nicht schnell genug zufliefsen kann.

Woltman fügt der ausführlichen Mittheilung dieser Beobachtungen*) noch eine Tabelle über die Geschwindigkeit des Windes bei, wie er solche während 5 Jahren in Cuxhaven beobachtet hatte. Im Laufe eines Jahrs war nämlich diese Geschwindigkeit durchschnittlich während 212½ Tagen zwischen 15 und 35 Fuſs in der

*) Beiträge zur hydraulischen Architectur. IV. Band. Seite 170 ff.

Secunde. Die Mühlen konnten also unter dortigen Verhältnissen 7 Monate lang in Thätigkeit sein.

In den Niederlanden nimmt man an, dafs der Betrieb durchschnittlich während 200 Tagen erfolgen kann, und in dieser Zeit in jeder Minute 1000 Cubikfufs gefördert werden. Man rechnet dort auf je 2000 Morgen eine Mühle, oder bei sehr quelligem Grunde auf 1400 Morgen. Dieses Maafs gilt auch, wenn bei gröfserer Hubhöhe, mehrere Mühlen hinter einander stehn und sich das Wasser zuwerfen, also einen Gang bilden.

In neuerer Zeit ist eine andre Schöpfmaschine zu gleichem Zweck in den Niederlanden eingeführt, deren Wirksamkeit die des Wurfrades übertreffen soll. Dieses ist das sogenannte Pumprad, das Fig. 393 auf Taf. LVII im Durchschnitt dargestellt ist*). Der Civil-Ingenieur H. Overmars ist der Erfinder desselben, der auch im Jahr 1868 in den Niederlanden darauf patentirt ist.

Die Wirkung des Pumprades ist der des Wurfrades ähnlich. Die Schaufeln heben in einem Kropfgerinne das Wasser, welches sie gefafst haben in ein höheres Niveau. Der Unterschied zwischen beiden beruht vorzugsweise darauf, dafs die Schaufeln sich scharf an die Sohle und an die Wände des Gerinnes anschliefsen und sonach selbst bei langsamer Bewegung nur wenig Wasser zurückfliefst. Die grofse Geschwindigkeit des Wurfrades, wobei unbedingt ein bedeutender Theil der Betriebskraft verloren wird, ist daher entbehrlich, und der Nutzeffect stellt sich sogar verhältnifsmäfsig am gröfsten heraus, wenn das Rad sehr langsam gedreht wird.

Man hat diese Räder bereits in verschiedenen Dimensionen, und zwar vorzugsweise in Eisenblech, zuweilen auch in Holz ausgeführt. Ersteres ist unbedingt vorzuziehn, da bei jeder Formveränderung nicht nur der dichte Schlufs, sondern auch die Beweglichkeit leidet. Das hier dargestellte Rad hält mit den Schaufeln, die aus Eisenblech bestehn, 17 Fufs im Durchmesser und ist 38 Zoll breit. Es soll seine Wirksamkeit nicht verlieren, wenn auch das Niveau des Oberwassers sich über seine Achse erhebt und selbst bis nahe an den obern Rand der Trommel steigt, wie die Figur angiebt.

---

*) A. Wiebe, das Pumprad, eine neue Wasserhebemaschine. Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen 1872. Seite 251.

Ueber die Einzelheiten der Construction ist wenig zu sagen. Die Schaufeln schliefsen sich an die Trommel an und berühren mit den äufsern Enden möglichst tangential die cylindrische Bodenfläche des Kropfgerinnes. Das Wichtigste ist dabei die Darstellung des genauen Schlusses. Um solchen zu erreichen, sind die Schaufeln, wie die Trommel seitwärts mit dünnen hölzernen Latten verkleidet. Diese werden nachdem das Rad in festen Pfannen liegt, sorgfältig abgedreht. Hierauf trägt man auf die Sohle und die Seitenwände des Gerinnes, das bisher reichlichen Spielraum bot, einen nicht zu schnell bindenden Cementputz auf, und schiebt nunmehr das Rad in sein Lager. Beim Umlaufen streicht es alsdann den Cement so weit ab, dafs es sich so eben noch frei bewegen kann. Endlich ist zu erwähnen, dafs der Kropf so lang sein mufs, dafs vor dem Austreten einer Schaufel, schon die folgende eingetreten ist. Die Umfangs-Geschwindigkeit des Rades ist meist etwas über 3 Fufs in der Secunde, und darf nicht über 5 Fufs steigen.

Wenn es darauf ankommt, sehr bedeutende Wassermassen zu heben, wie etwa bei Trockenlegung eines ausgedehntes Meeres, und voraussichtlich die Maschinen vielleicht mehrere Jahre in ununterbrochenem Betriebe erhalten werden müssen, so empfiehlt es sich, auf die Pumpen zurückzukommen. Mit Anwendung aller Mittel, welche der neuere Maschinenbau bietet, lassen sich diese so vollkommen einrichten, dafs sie einen dichten Schlufs bilden und sich am wenigsten abnutzen, während sie in sehr grofsen Dimensionen ausgeführt werden können und daher bei langsamer Bewegung noch immer Aufserordentliches leisten. Die allgemeine Anordnung dieser sogenannten Kastenpumpen stellt Fig. 392 im Durchschnitt dar.

Ein grofser wasserdichter Kasten aus Eisenblechen zusammengesetzt, steht bei *B* mit dem Unterwasser und bei *A* mit dem Oberwasser mittelst einer Anzahl von scharf schliefsenden Ventilklappen in Verbindung, die bei ihrer schrägen Stellung sich von selbst schliefsen, wenn sie nicht durch den Wasserdruck geöffnet werden. In diesem Kasten befindet sich der gufseiserne, im Innern sorgfältig ausgedrehte Cylinder oder Pumpenstiefel. Derselbe ist oben und unten offen, ruht mittelst starker Füfse auf dem Boden des Kastens, und stützt zugleich den Deckel des letztern, ohne dafs dadurch das in den Cylinder eintretende, oder aus demselben aus-

tretende Wasser in seiner Bewegung behindert wird. In der Mitte des Kastens liegt eine wasserdichte horizontale Scheidewand, die den Cylinder mit den Wänden verbindet. Im Kasten bilden sich sonach zwei von einander getrennte Räume, die mit dem Cylinder in Verbindung stehn, und hier durch den Kolben geschieden werden. Letzterer wird gehoben und gesenkt durch eine Kolbenstange, die der Balancier der Dampfmaschine auf und ab bewegt. Um aber einen wasserdichten Schluſs im Deckel des Kastens darzustellen, schwingt diese Kolbenstange in einem hohlen abgedrehten gußeisernen Cylinder, der mit dem Kolben verbunden ist und durch eine Stopfbüchse aus dem Deckel des Kastens austritt.

Die Figur zeigt die Stellung der Ventilklappen, während der Kolben sich aufwärts bewegt. Alsdann vergröſsert sich der Raum unter der horizontalen Wand, das Unterwasser dringt also hinein, indem die Klappen unter *B* sich öffnen. In gleichem Maafse verengt sich aber der Raum über der horizontalen Wand, und das darin befindliche Wasser drückt die Klappen oberhalb *A* auf und ergieſst sich in das Oberwasser. Bewegt sich darauf der Kolben abwärts, so strömt wieder aus dem Unterwasser durch die Klappen oberhalb *B* das Wasser in den obern Raum, und da der untere sich verringert, so wird aus diesem das Wasser durch die Oeffnungen unterhalb *A* in das Oberwasser gestoſsen. Bei jedem Auf- oder Niedergange des Kolbens treibt also die Pumpe das Unterwasser in das Oberwasser, und die jedesmal geförderte Masse ist abgesehn von geringen Verlusten gleich dem Querschnitt des Cylinders multiplicirt in die Hubhöhe des Kolbens. Dabei erfolgt aber keine überflüssige Hebung, wie bei gewöhnlichen Pumpen, aus welchen das Wasser wieder mehr oder weniger tief herabfällt, vielmehr beschränkt sich die Hebung stets auf die Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser.

Die Figur stellt die Gröſsenverhältnisse der Maschine so dar, wie sie für die Entwässerung des Blocklandes bei Bremen gewählt wurden*). Der Cylinder hält im lichten Durchmesser 7 Fuſs 9 Zoll, der Kolbenhub beträgt 4 Fuſs 10 Zoll. Der Balancier wiederholt in der Minute 9 mal die auf und abgehende Bewegung. Die vier

*) Berg, die Entwässerung des Blocklandes. Bremen 1864.

Pumpen fördern also, wenn man 8 Procent Verlust annimmt, in der Stunde 918000 Cubikfufs.

Die Kastenpumpen, die man zur Trockenlegung des Haarlemmer Meeres benutzte, hatten nur Cylinder von 5 bis 6 Fufs lichter Weite, der Kolbenhub betrug dagegen über 9 Fufs. Nähere Mittheilungen über dieses höchst wichtige Unternehmen müssen hier übergangen werden*)

§. 94.

Unterhaltung der Deiche.

Die Anlage neuer Deiche, so wie auch die Unterhaltung der bestehenden wird bei uns durch Regierungsbeamte beaufsichtigt, um namentlich zu verhindern, dafs eine augenscheinliche Gefahr für die Betheiligten oder für die benachbarten Grundbesitzer dadurch herbeigeführt, oder das Schiffahrts- und Vorfluths-Interesse benachtheiligt wird, die Verwaltung pflegt aber denjenigen Grundbesitzern oder Gemeinden überlassen zu bleiben, deren Ländereien im Schutz des Deichs liegen. Es ist hier nicht der Ort, die Einrichtung der Deichverbände näher zu erörtern, doch müssen zwei Punkte in Betreff derselben berührt werden.

Die Kosten für den Bau und die Instandhaltung der Deiche tragen die dabei betheiligten Gemeinden und sonstigen Grundbesitzer. In manchen Fällen werden diese Beiträge nach Maafsgabe der Höhenlage und sonstigen Beschaffenheit der einzelnen Aecker und Wiesen erhoben. Eine solche verschiedenartige Betheiligung ist indessen schwer festzustellen, und pflegt vielfache Widersprüche hervorzurufen. In dem bereits erwähnten Cleveschen Deichschau-Reglement ist dagegen im Allgemeinen der Grundsatz festgehalten, dafs alle im Schutz eines Deichs liegende Ländereien gleichmäfsig besteuert werden. Durch ein Nivellement wird festgestellt, welche Flächen bei dem Wasserstande, auf den die Deichhöhe sich be-

*) Am ausführlichsten sind solche veröffentlicht in v. Endegeest, *Droogmaking van het Haarlemmer Meer.* 3 Bände, Leiden 1844, Amsterdam 1853 und Amsterdam 1861. — Auch befindet sich darüber eine Mittheilung von L. Hagen in Erbkam's Zeitschrift für das Bauwesen, 1860. Seite 88.

sieht, inundirt sein würden, wenn der Deich nicht existirte, und auf diese werden die Lasten gleichmäfsig vertheilt. Es ist nicht zu verkennen, dafs die am Rande des Inundations-Gebiets belegenen Fluren geringern Vortheil von der Anlage des Deichs haben, als diejenigen, welche unmittelbar neben diesem liegen. Nichts desto weniger gleicht die gröfsere Gefahr der letztern diesen Vortheil einigermaafsen wieder aus. Wenn ein Deichbruch erfolgt, so ist der Schaden für die entferntern Aecker und Wiesen nicht so bedeutend, während die nahe belegenen aufgerissen und mit Sand und Kies bedeckt werden, so dafs sie leich ihre frühere Ertragsfähigkeit für immer verlieren, jedenfalls aber nur mit grofsen Kosten wieder culturfähig gemacht werden können.

Eine andere Frage bezieht sich darauf, ob jedem Betheiligten ein angemefsnes Stück des Deichs, ein Pfand genannt, überwiesen werden soll, für dessen Instandhaltung er verantwortlich ist. Dieses Verfahren, das allerdings in manchen Niederungen üblich ist, rechtfertig man dadurch, dafs es jedem Grundbesitzer viel leichter ist, Leute und Gespann, wenn er solche gerade in seiner Wirthschaft nicht braucht, einige Tage hindurch zur Ausbesserung des Deichs zu beschäftigen, als die Unterhaltungskosten baar zu zahlen. Diese Absicht läfst sich indessen nicht vollständig erreichen, indem zu gröfsern Ausbesserungen, und vollends wenn Deichbrüche erfolgt sind, der ganze Verband zutreten mufs. Aber selbst kleinere Reparaturen pflegen alsdann schlecht und meist auch sehr spät ausgebessert zu werden, woher dabei leicht der ganze Polder gefährdet wird. Dieser Uebelstand läfst sich auch, wie die Erfahrung zeigt, durch die von den Vertretern des Verbandes abgehaltenen Deichschauen keineswegs vollständig beseitigen. Es ist demnach zweckmäfsiger, alle Instandsetzungen auf Kosten des ganzen Verbandes und unter gehöriger Aufsicht vorzunehmen. Die baaren Auslagen der Einzelnen, und namentlich der kleinern Grundbesitzer, lassen sich dabei aber noch immer umgehn, indem diese mit ihren Leuten und ihrem Fuhrwerk an der Arbeit sich betheiligen und den Taglohn verdienen können.

Zum Schutz des Deiches trägt der Rasen, der ihn bedeckt, wesentlich bei. Man mufs daher vorzugsweise dafür sorgen, diesen in gutem Stande und in recht kräftigem Wuchs zu erhalten. Er wird mehrmals im Jahre gemäht, und es ist sogar nothwendig vor

der Blüthe des dazwischen wachsenden Unkrauts, dasselbe abzuhauen, damit der Saamen nicht zur Reife kommt und der Graswuchs unterdrückt wird. Das Beweiden des Deichs ist in trockner Jahreszeit keineswegs nachtheilig, vielmehr dient es sogar dazu, die Gänge, welche der Maulwurf gebildet hat zu schliefsen. Dieses Beweiden darf aber nur durch Pferde und Hornvieh geschehn. Ziegen, Schweine und Gänse sind dagegen sorgfältig von den Deichen abzuhalten, weil sie den Rasen zerstören.

Wenn die Dossirungen theilweise ausgerifsen sind, so darf dieses nicht durch blofses Ueberschütten mit Erde ausgebessert werden, man mufs vielmehr den Rasen darüber sorgfältig entfernen, die alte Erde durch Aufhacken wund machen, die neue anstampfen und mit kräftigen Soden bedecken. In gleicher Weise wird auch verfahren, wenn der Deich durch Versacken oder aus andern Gründen seine Höhe verloren hat. Indem man aber alsdann die untern Theile der Dossirungen, wenn sie sonst in gutem Stande sind, zu erhalten wünscht, so begnügt man sich oft damit, nur den obern Theil und die Krone zu beschütten. In diesem Falle vermindern sich die beiderseitigen Böschungen, oder werden steiler, als sie früher waren. Dafs keine Pflanzungen von Gebüschen oder Bäumen auf den Deichen selbst angelegt, auch Aufgrabungen nicht darauf, oder unmittelbar daneben vorgenommen werden dürfen, ist bereits erwähnt.

Von grofser Wichtigkeit ist die Erhaltung des Vorlandes oder des Aufsendeichs. Namentlich wenn dasselbe unmittelbar vor dem Deiche abbricht, mufs man die Löcher wieder füllen, oder wenn sie schon eine bedeutende Längen-Ausdehnung haben, sie wenigstens vielfach coupiren, damit der Strom darin gebrochen wird und sie nach und nach wieder verlanden. Vorzugsweise ist dafür zu sorgen, dafs das Strombette dem Deich sich nicht nähert, denn der Kampf wird aus den oben angeführten Gründen ungleich schwieriger, wenn das tiefe Bette unmittelbar neben dem Deich liegt. Zur Erhaltung des Deichs gehört daher wesentlich auch die Erhaltung der Ufer, und selbst in Ländern, wo für den eigentlichen Strombau beinahe gar nichts geschieht, wie früher in den Niederlanden, führt man dennoch ausgedehnte Buhnen-Systeme aus, sobald ein Deich in Gefahr kommt. Ein Deich an sich setzt dem Andrange des Stroms keine Grenze, aber seine Zurücklegung beeinträchtigt den Besitzstand, daher wird die Uferstelle, worauf der

Deich liegt, mit viel gröſserer Vorsicht als jede andre geschützt. Auf diese Art geben die Deiche Veranlassung, daſs man den Uferbrüchen eine endliche Grenze zu setzen sich bemüht, und so haben die Deiche zum Schutz des dahinter liegenden Landes wesentlich beigetragen. Selbst wenn der Andrang des Stroms sehr heftig wird, und eine Zurücklegung der Deiche vortheilhafter erscheint, als die Erhaltung derselben, so pflegt man doch vor den Dörfern die Deiche zu halten, und besonders sind es Kirchen, zu deren Ausdeichung man sich nicht leicht entschlieſst. Daher kommt es, daſs man in den Niederlanden nicht selten Kirchen auf weit vorspringenden Uferecken liegen sieht, um welche scharf gekrümmt der Deich sich herumzieht, der, dem heftigsten Angriff ausgesetzt, nur durch die auſserordentlichsten Mittel gehalten werden kann.

Wenn es darauf ankommt, einzelne besonders stark angegriffene Stellen des Deichs zu sichern, so wählt man dazu kräftigere Mittel, als die Rasendecke. So werden vortretende Deichecken zuweilen durch Steinpflaster oder auch wohl durch Steinschüttungen gehalten, und wenn man mit den Reparaturen nicht schnell genug fertig werden kann, also vor dem Eintritt des neuen Hochwassers die Rasendecke noch fehlt, so wendet man oft auch Deckungen mit Strauch, also Spreutlagen oder noch besser Rauchwehren an. Dieselben bieten freilich gegen das vorübertreibende Eis einen guten Schutz, aber im Wellenschlage werden sie leicht gelöst, und sind daher unsicher. Ihre Anwendung rechtfertigt sich nur im Fall der Noth, und man muss sie möglichst bald beseitigen. Von andern Deckungsarten wird bei Gelegenheit der Seeldeiche die Rede sein.

Sobald das Hochwasser vor dem Deich steht, sind die Maaſsregeln, die man zur Sicherstellung und zur Verhütung von Durchbrüchen anwenden kann, von weit geringerer Bedeutung, indem die äuſsere Böschung verdeckt ist, und an der innern Seite Aufgrabungen u. dergl. sehr bedenklich werden, auch die Beischaffung groſser Massen von Material im Augenblick der Gefahr unmöglich ist. Es kommt daher immer darauf an, die Deiche schon vorher in gehörigen Stand zu setzen. Je vollständiger dieses geschehn ist, um so sicherer werden sie auch das Hochwasser abhalten, und dem Angriff desselben widerstehn. Nichts desto weniger darf man sie in solcher Zeit doch nicht ganz sich selbst überlassen. Bei gewissen höhern Wasserständen muſs der Verband

die vorschriftsmäfsige Mannschaft und das Fuhrwerk stellen, damit überall, wo es Noth thut, Hülfe geschafft werden kann. Das zur Sicherung des Deichs erforderliche Material, Strauch, Pfähle, Bretter, Dünger, Säcke und dergl. ist schon früher auf bestimmte Stellen gebracht, und die Deichbeamten beziehn die Wachbuden. Eine fortdauernde Besichtigung des ganzen Deichs wird eingerichtet, und man sorgt dafür, dafs der obere Beamte, von allen Vorgängen möglichst schnell Nachricht erhält.

Die Deiche erhalten, wie erwähnt, nur eine solche Höhe, dafs sie bei den höchsten eisfreien Wasserständen sicher sind. Treten Eisstopfungen ein, so erhebt sich das Wasser vor denselben leicht zu einer gröfsern Höhe. Man pflegt alsdann die Deichkrone an den bedrohten Stellen noch schleunigst zu erhöhen, oder aufzukahden. Die Kahde ist wieder eine Art von Deich, der auf die Krone gestellt wird. Sie kann indessen bei der Eile, womit man sie erbaut, nicht die übliche Befestigung erhalten. Fig. 383 auf Taf. LV sind zwei verschiedne Arten von Kahden dargestellt. *a* zeigt eine solche, die mit einem gewöhnlichen Fangedamm Aehnlichkeit hat. Man schlägt kleine Pfählchen in 4 Fufs Abstand in den Deich, und lehnt dagegen Bretter. Den Zwischenraum, der 2 bis 3 Fufs breit ist, füllt man mit Erde an. Doch ist man in der Wahl des Materials weniger schwierig. Man nimmt vielmehr, was man am leichtesten beschaffen kann, und selbst die Verwendung von Sand findet keinen Anstand. Hat man nicht genug Bretter und Pfähle vorräthig, so bildet man nur eine Holzwand die jedoch auf der Stromseite sich befinden mufs, um einigen Widerstand dem Wellenschlage, und dem gegenstofsenden Eise zu leisten. Auf der innern Seite lehnt sich eine Erdböschung dagegen. Wenn aber nur sehr wenig Erde beigeschafft werden kann, also die Kahde sehr schmal wird, so pflegt man wohl je zwei Pfähle einander gegenüber zu stellen, und diese oberhalb der Bohlen mit Weidenruthen zusammen zu binden. Fig. *b* zeigt eine andre Anordnung, wobei statt der Bohlen oder Bretter, Faschinen verwendet sind, die gleichfalls durch Pfähle und eine Erdböschung gesichert werden.

Man kann auf diese Weise eine Erhöhung des Deichs von $1\frac{1}{2}$ Fufs, und selbst von 2 Fufs leicht darstellen. Solche grofse Erhöhung ist indessen gemeinhin nur auf kurze Deichstrecken erforderlich, indem bei Eisversetzungen das Gefälle des Wasserspiegels

davor beinahe zu verschwinden pflegt. Wenn Eis gegen den Deich drängt, so stellt man die Kahde auf den innern Rand der Krone, um sie einigermaafsen zu schützen. Man hat dabei noch den Vortheil, dafs sie hier etwas niedriger sein darf. Sonst ist es aber vorzuziehen, sie an den äufsern Rand zu stellen, weil alsdann hinter ihr noch Wagen auf dem Deich fahren können.

Diese temporären Erhöhungen der Deiche haben vorzugsweise den Zweck, das Ueberlaufen bis zur Lösung der Eisstopfungen zu verhindern, die in der Regel bald eintritt, und namentlich durch den verstärkten Wasserdruck befördert wird. Aufserdem trifft die Gefahr, wenn die Stopfung sich nicht sobald löst, die beiden gegenüber liegenden Deiche, und sie tritt bei demjenigen ein, der am ersten überläuft. Häufig waltet daher bei der Vertheidigung auch die Absicht vor, den Deich nur etwas länger zu halten, als der am andern Ufer belegene wiedersteht. Sobald letzterer stark überströmt wird und durchbricht, ist der erstere gerettet, weil das Wasser sogleich fällt. Wenn das Ueberlaufen über einen recht regelmäfsigen, und mit flacher Binnendossirung versehnen Deich eintritt, und besonders wenn derselbe noch fest gefroren ist, so kann es stundenlang erfolgen, ehe der Bruch stattfindet. Andrerseits aber, wenn die Krone an einer Stelle bedeutend vertieft ist, hier also die Strömung sich concentrirt, auch die innere Böschung sehr steil und das Erdreich bereits durchweicht ist, so geht die Zerstörung sehr schnell vor sich. In der kürzesten Zeit stürzt der Deich zusammen, während das herabströmende Wasser schon den Boden angreift und ein tiefer Kolk am Fufs sich bildet, der beim Bruch des Deichs sich vergröfsert und eine bedeutende Längen-Ausdehnung in der Richtung der Strömung annimmt.

Eine andre noch gröfsere Gefahr veranlassen die Quellen im Deiche. Sie entstehn zum Theil aus den Gängen der Maulwürfe und Mäuse, häufig aber auch aus der unvorsichtigen Verwendung unreiner, oder sehr sandiger Erde, besonders wenn diese zufälliger Weise in einzelnen Streifen der Quere nach sich durch den Deich hindurchzieht, während im Uebrigen festes Material gewählt ist, welches nicht nachsinkt. In dieser Beziehung scheint sogar ein Deich, der ganz aus Sand besteht, weniger gefährlich. Derselbe wird freilich keineswegs dicht sein, vielmehr quillt das Wasser überall hindurch, aber die Quellungen bilden sich weniger

leicht so stark aus, als im ersten Fall zu besorgen ist. Unter dem Schutz einer festen Decke, die nicht sogleich zerbricht und nachstürzt, greift das Quellwasser den umgebenden Boden immer stärker an, und bildet nach und nach weite Canäle. Es entstehn sogar in solchem Deich grofse Höhlungen, während die äufsere Decke vollkommen fest ist, und die Gefahr nicht früher bemerken läfst, bis sie plötzlich zusammenstürzt, und der Bruch des Deichs erfolgt.

Am sichersten würde man die Quellen stopfen, wenn dieses auf der äufsern Seite geschehn könnte. Bei ruhigem Wetter, und wenn keine grofse Eismassen das Wasser bedecken, hat man dieses wohl zuweilen versucht, indem man aus der Bewegung des Wassers auf die Lage der Einmündungen solcher Quellen schliefsen kann, worauf Sandsäcke darüber versenkt werden. Das Wasser, das heftig in die Oeffnung dringt, erleichtert einigermaafsen einen solchen Versuch, indem es den herabsinkenden Körper mit sich reifst, die Wahrscheinlichkeit des Gelingens ist indessen so unbedeutend, dafs man meist von diesem Mittel keinen Gebrauch macht. In Holland hat man in einzelnen Fällen auch die äufsern Dossirungen, während sie vom Wasser bedeckt waren, durch Segel gedichtet, die darüber versenkt wurden. Man überzeugt sich aber leicht, wie wenig Erfolg solche Mittel versprechen, die nur unter günstigen Umständen und wenn sie mit der gröfsten Vorsicht zur Ausführung gebracht werden, gelingen können. Im Augenblick der Gefahr rechtfertigt es sich nicht, Zeit und Menschenkräfte auf Versuche zu verwenden, die wenig versprechen, man greift also allgemein zu andern Mitteln. Das Verstopfen der Oeffnungen, durch welche das Wasser ausströmt, ist gemeinhin nutzlos, indem letzteres sogleich an einer andern Stelle durchzudringen pflegt, wenn die erste geschlossen ist. Auch Anschüttungen von Erde helfen nicht viel, indem diese sogleich erweicht und fortgespült werden. Nichts desto weniger sucht man hierdurch doch zuweilen Hülfe zu schaffen, indem man die Erde gegen Holzwände lehnt, oder ihr durch Faschinenlagen einige Sicherung giebt.

Am häufigsten wird bei starken Quellungen die Handramme kräftig gebraucht, sie äufsert aber nur in dem Fall eine günstige Wirkung, wenn die Quellen sich dicht unter der Oberfläche hinziehn. Liegen sie tiefer, so pflegt man auch wohl in der Längenrichtung des Deichs möglichst schnell einen Graben zu ziehn, um

den Quell zu erreichen. Gelingt dieses, so wird der Graben schleunigst mit Mist gefüllt, und letzterer, sobald er hoch genug angeschüttet ist, fest gerammt. Dieses Mittel ist indessen überaus gefährlich, weil der Bruch des Deichs durch das Aufgraben beschleunigt werden kann. In dem Cleveschen Deichreglement ist ein solches Verfahren unbedingt verboten.

Am sichersten ist es, bei bedenklichen Quellungen einen neuen Deich vor der innern Seite des alten an der bedrohten Stelle aufzuführen. Bei den beschränkten Hülfsmitteln, und der erforderlichen Eile kann freilich von einer regelmäfsigen Deichanlage nicht die Rede sein, aber dieser Schutzdeich, auch die Quell-Kahde genannt, ist dem Angriff des Stroms, des Wellenschlages und des Eises vollständig entzogen, und hat nur den Druck des Wassers abzuhalten. Man bildet daher gemeinhin Erdschüttungen zwischen Holzwänden, wie Fangedämme, oder man wählt Constructionsarten aus Faschinen, wie bei Coupirungen, und selbst Säcke mit Sand und Erde gefüllt werden dabei verwendet. Wenn dieser Schutzdeich aber auch nicht die volle Deichhöhe erreicht, so spannt er doch das Wasser vor sich an, und vermindert dadurch den Druck gegen den Hauptdeich, so dafs die Mittel zur Erhaltung des letztern wirksamer werden. Auf diese Weise ist es mehrfach geglückt, Deiche zu halten, bei denen die Gefahr bereits sehr grofs war.

Endlich treten bei Deichen zuweilen noch andre Beschädigungen ein, die einen plötzlichen Bruch verursachen können, während kein Zeichen einer Gefahr ihnen voranging. Dieses sind die sogenannten Kappstürzungen, die sich oft nicht bis zur Kappe oder Krone ausdehnen, und nur die äufsern Dossirungen treffen. Sie entsprechen den gewöhnlichen Uferbrüchen und treten meist an solchen Stellen ein, wo der Deich unmittelbar an dem Flufsufer liegt. Wenn letzteres zur Zeit des Hochwassers abbricht, so setzt sich der Bruch in der äufsern Dossirung des Deiches fort, und es bildet sich eine steile Erdwand, von der sich immer neue Massen lösen und herabstürzen, die aber sogleich vom Strom fortgetrieben werden. So lange diese Beschädigungen unter dem Wasserspiegel bleiben, so bemerkt man sie nicht, indem die feste Rasendecke das Nachsinken der dahinter liegendeu Theile verhindert. Stürzt endlich der obere Theil der Dossirung oder wohl gar ein Theil der Krone ein, so mufs man durch Senklagen, oder auf andere

Art der weitern Ausdehnung des Bruchs Einhalt zu thun suchen. Dieses ist aber bei hohen Wasserstande sehr schwierig, und gemeinhin ist alsdann der Deich auch bereits so sehr geschwächt, dafs er bald nachgiebt. Diese Kappstürzungen treten nicht selten erst ein, wenn das Wasser schon stark fällt, sowie auch alsdann Uferbrüche nicht ungewöhnlich sind. Die Erde wird nämlich durch den Gegendruck des hohen Wassers noch gehalten, sobald dieses aber sinkt, so stürzt sie nach. In manchen Fällen sind Deiche, die während des Hochwassers gar keine Besorgnifs erregten, nachdem dasselbe abgefallen, vollständig und zwar in der ganzen Breite ihre Krone versunken.

Wenn der Deichbruch erfolgt, oder in der einen oder andern Weise Erscheinungen eintreten, welche denselben als ganz sicher vorhersehn lassen, so werden die Alarm-Signale gegeben, um die Einwohner des Polders von der bevorstehenden Ueberfluthung zu benachrichtigen. Die Arbeiten der Deichvertheidigung hören alsdann auf, die ganze Mannschaft pflegt sich auch zu zerstreuen, indem Jeder noch vor dem Wasser seine Wohnung zu erreichen sucht, um für die Seinigen und für sein Eigenthum soviel wie möglich zu sorgen. Es fehlt daher gemeinhin in dieser Zeit an allen Kräften, und wenn Einzelne noch auf der Deichwache bleiben, so beschränkt man sich nur darauf, den Bruch nicht gar zu grofs werden zu lassen, und die äufsern Enden der Deiche mit Faschinenlagen zu decken.

Der heftige Strom, der durch den Durchbruch fällt, reifst den Boden auf, und bildet darin einen Kolk, auch Braake genannt, der bei grofsen Strömen oft 50 Ruthen lang und eben soviel Fufs, auch wohl darüber tief ist. Derselbe liegt grofsentheils auf der Landseite der frühern Deichlinie, doch pflegt er sich auch auswärts derselben etwas auszudehnen. Die ausgerifsne Erde, der Sand und Kies verbreiten sich über die Niederung, und namentlich die nächst belegenen Fluren werden oft mehrere Fufs hoch damit bedeckt, so dafs sie ihre Fruchtbarkeit vollständig verlieren, oder diese ihnen doch nur durch Abgraben des Sandes wieder gegeben werden kann. Der gröfste Nachtheil eines Deichbruchs pflegt in diesen Verwüstungen des Bodens zu bestehn. Aufserdem treten dabei noch manche andre Schäden ein, welche die Betheiligten allerdings sehr schwer treffen, die aber doch nur vorübergehend sind, und keine

bleibenden Folgen haben. Hierher gehört der Verlust der nächsten Ernte, wozu vielleicht auch der Verlust von einigem Vieh kommt. Die Wohnungen leiden, und während der Ueberschwemmung werden die wirthschaftlichen Verhältnisse übermäfsig erschwert, oder ganz unterbrochen. Im Allgemeinen stellen sich diese Uebelstände jedoch nicht so grofs heraus, als man vermuthen sollte. Wenn die Häuser auch so niedrig liegen, dafs die gewöhnlichen Wohnräume mit Wasser angefüllt werden, so ist ein solcher Fall doch schon in der Einrichtung der Wirthschaft vorgesehn. Menschen und Vieh finden auf dem Dachboden ihr Unterkommen, und wenn für das Vieh kein Futter vorhanden ist, so bietet das Strohdach einen nothdürftigen Ersatz. Der Polder wird bald nach dem Eintritt der Ueberschwemmung mit Kähnen befahren und Hülfe geleistet, wo es Noth thut, doch nur in augenscheinlicher Gefahr verläfst eine Familie ihr Wohnhaus. Die Häuser sind fast in allen Niederungen aus Holz erbaut, sie stehn daher, obwohl tief unter Wasser, doch fest, und leiden gemeinhin nur insofern, als die Oefen einstürzen. Grofse Eisschollen sind ihr gefährlichster Feind. Es ist nicht ohne Beispiel, dafs die Gebäude, wenn sie aus starken Blockwänden gezimmert waren, selbst ins Treiben kamen, und auf andre Stellen versetzt wurden.

Die Entfernung des Wassers mufs die nächste Sorge sein. Bei Poldern, die nicht tief liegen, und nur in geringer Längenausdehnung sich am Flufs hinziehn, geschieht dieses, sobald das Wasser im Strom zu sinken anfängt, Ein Theil fliefst durch den Bruch wieder zurück, den andern beseitigt man, indem man den Deich im untern Theil abgräbt. Die Entwässerungsschleuse ist in der Regel nicht weit genug, um grofse Massen abzuführen, auch würde sie selbst dabei leicht in Gefahr kommen.

Weit übler ist es, wenn der Deich sich auf grofse Länge am Strom hinzieht, und das eingedrungene Wasser, dem natürlichen Abhange des Thals folgend, im Binnenlande herabfliefst, ohne durch einen Querdeich aufgehalten zu werden. Es staut alsdann im untern Theil des Polders so hoch auf, dafs es hier den Deich von der innern Seite überströmt, und durchbricht, wenn man nicht durch Abgrabung desselben dem Durchbruch zuvorkommt, und die Entwässerung an eine passende Stelle leitet. Als im Jahr 1829 der linkseitige Weichseldeich ohnfern Dirschau durchbrach, setzte

das Binnenwasser die Stadt Danzig in augenscheinliche Gefahr. Eine Ableitung desselben fand aus fortificatorischen Rücksichten Widerspruch, und es mufste dem Zufall überlassen bleiben, wo der Deich durchbrechen würde. Dieses geschah endlich neben der Rückforter Schanze, und der Strom stürzte sich hier mit solcher Heftigkeit in die noch mit Eis bedeckte Weichsel, dafs er sich sogleich auf das andre niedrige Ufer warf und dieses bis zum Fort Weichselmünde verfolgte. Hier wurden viele Gebäude zerstört, und nochmals kreuzte das abfliefsende Binnenwasser die mit Eis bedeckte Weichsel und ergofs sich oberhalb Neufahrwasser in den Sasper-See, dem es eine weit geöffnete Mündung in die Ostsee gab.

In Fällen dieser Art, wo das Wasser einen Abflufs aus der Niederung findet, füllt die letztere sich nicht in kurzer Zeit vollständig an, worauf der Strom aufhört, sondern eine anhaltende Durchströmung tritt ein, die nicht nur die Verwüstungen vergrösfert, sondern auch die Schliefsung des Bruchs erschwert. Durch bloſse Erdschüttungen kann dieselbe alsdann nicht erfolgen, man mufs vielmehr, wie im offnen Strom, eine Coupirung aus Faschinen erbauen, und erst wenn diese geschlossen, oder die Durchströmung unterbrochen ist, kann man den Deich anschütten. Derselbe darf sich wohl an den Packwerksbau anlehnen, jedoch nicht von demselben getragen werden, weil ihm alsdann die erforderliche Wasserdichtigkeit abgehn würde.

Wenn der Polder, in den das Hochwasser getreten ist, sehr niedrig liegt und einer natürlichen Entwässerung ganz entbehrt, so kann dessen Trockenlegung nicht anders, als mittelst Schöpf-Maschinen erfolgen. Selbst bei geringer Ausdehnung pflegt dieses vor dem Herbste nicht der Fall zu sein. Die ganze einjährige Nutzung der Fluren wird daher verloren.

Endlich entsteht noch die Frage, in welcher Art ein durchbrochner Deich wieder hergestellt werden soll. In seiner frühern Richtung liegt der tiefe Kolk, oder die Braake, die sich landwärts weit ausdehnt, während sie sich gewöhnlich nur wenig in das Vorland oder den Aufsendeich fortsetzt. Die Wiederherstellung des frühern Deichs oder die Durchschüttung des Kolks, obwohl sie zuweilen gewählt werden mufs, pflegt besonders kostbar zu sein, auch ist dieselbe wegen der beiderseitigen grofsen Tiefen in Bezug auf die Sicherheit des Deichs nicht zu empfehlen. Am

wohlfeilsten ist es, den Deich über das Vorland um den Kolk herumzuziehn, und gemeinhin sind die Betheiligten hierzu auch am meisten geneigt. Man nennt eine solche Anordnung eine Auslage, weil der Deich herausgelegt wird. Dabei erhält jedoch der Deich, insofern er eine vorspringende Ecke bildet und die tiefe Wasserfläche hinter sich hat, eine sehr gefährliche Lage. Ein andrer Uebelstand dieser Anordnung beruht noch darauf, dafs der Kolk, obwohl ein Theil des Sandes und Kieses hineingeworfen werden kann, doch niemals mit fruchtbarer Erde gefüllt wird und für ewige Zeiten nutzlos bleibt. Weit angemefsner ist es daher, eine sogenannte Einlage zu machen, oder den neuen Deich auf der Landseite um die Braake herumzuziehn. Der Deich wird dadurch allerdings länger und folglich auch kostbarer. Er erhält aber eine sehr geschützte Lage, und der Kolk, der bei jeder Anschwellung des Stroms mit trübem Wasser gefüllt wird, verflacht sich nach und nach und wächst endlich bis zur Thalsohle auf. Alsdann kann man den Deich wieder in seine ursprüngliche Richtung verlegen, und die ausgedeichte Fläche in voller Ertragsfähigkeit wieder in den Schutz des Deichs bringen.

Ende vom vierten und letzten Bande des zweiten Theils.

Inhalts-Nachweisung

der

vier Bände des zweiten Theils vom Handbuch der Wasserbaukunst.

(Die Römischen Zahlen bezeichnen den Band, die Arabischen die Seitenzahl.)

Abfahrten von Deichen. IV. 379.
Abfallböden. III. 178.
Ablagerungen in Strömen. I. 178.
Abschufs-Böden. II. 270. 368.
Abschlufs-Dämme. IV. 287.
Abschlufs-Mauern. IV. 281.
Alewyn's Schleuse. IV. 60.
Anker-Pfähle. I. 112.
Anschwellungen. I. 169. 191.
Aufleiter. IV. 391.
Auflockern d. Grundes. II. 340. III. 38.
Aufsatz-Bretter. II. 299.
Auslagen bei Deichen. IV. 408.
Auslaugen des Bodens. IV. 386.
Ausleger. I. 85.
Aufsendeiche. IV. 367.
Ausschufs-Lagen. II. 128.

Baaken. III. 150.
Bäche, Einmündung in Canäle. IV. 388.
— Kreuzung mit Canälen. IV. 389.
Bären (Wehre). II. 249.
Baggern. II. 335.
Banndeiche. IV. 365.
Batardeaux. II. 249.
Baumstämme in Strömen. I. 155.
Bekleidung der Schleusen-Thore. III. 257. 264.
Bergfahrt. III. 92.
Bermen. IV. 208. 262.
Beschwerungs-Material. II. 111.
Besatz bei Sprengen. III. 5. 41.
Béton-Mauern. I. 62.
Bewegung des Wassers in Strömen. I. 271.
Bewegung, gleichförmige. I. 274. 297.
— ungleichförmige. I. 318.
— permanente. I. 275. 318.
— innere. I. 277. 361.
— vor Wehren. I. 327.
Binder. I. 48. III. 217.
Bindweiden. II. 105.
Binnen-Seen. I. 184.
Blanken-Schleuse. IV. 68.
Bleslagen. II. 148.
Böcke, zum Heben. I. 77. II. 397.
Böschungen der Flufsufer. I. 372.
Böschungsköpfe. II. 88.
Bohlwerke. I. 99. 372.
— — eiserne. I. 127.
Bohlwerks-Pfähle. I. 102.
Bohren in Felsen. III. 29.
Braaken. IV. 405.
Brücken auf Schleusen-Thoren. IV. 47.
Brücken-Canäle. IV. 337. 348.
— eiserne. IV. 356.
— hängende. IV. 354.
— hölzerne. IV. 353.
— massive. IV. 349.
Buhnen. I. 373. II. 36.
— Abstände ders. I. 385. II. 36.
— Höhe ders. II. 38.
— Köpfe ders. II. 159. 181.
— Länge ders. II. 38. 50.
— Pflasterung ders. II. 167.

Buhnen, Querprofile ders. II. 45.
— Richtung ders. II. 43.
— Sicherung ders. II. 49.
— Wurzeln ders. II. 155.
Buhnen-Systeme. I. 389. II. 36.
Busen. IV. 384.

Cabeosche Stab. I. 252.
Canäle, Schiffahrts-Canäle. IV. 153.
Canal-Häfen. IV. 200.
— Linien. IV. 181.
— Haltungen od. Strecken. VI. 182. 192.
— Ufer. IV. 201.
Canalisirung der Flüsse. III. 91.
Clyde-Correction. II. 337.
Cohäsion der Erde. I. 9.
Contractions Coefficient. I. 389.
Coupirungen. I. 388. 409. II. 226.
— Dichtung ders. II. 248.
— Lage ders. II. 229.
— Schliefsung ders. II. 237.

Dammbalken. II. 290.
Dammfalze. II. 291.
Dammschüttungen. IV. 266.
Dammwände. II. 294.
Dampfschiffe. II. 160. III. 100.
Deckplatten. I. 45.
Declinante Buhnen. I. 396. II. 43.
Deiche. IV. 368.
— Ausführung ders. IV. 380.
— Unterhaltung ders. IV. 397.
Deichbrüche. IV. 405.
Deichlinien. IV. 369.
Deichprofile. IV. 376.
Deichschauen. IV. 366.
Dichtung der Canäle. IV. 293.
Donker-Schleuse. IV. 57.
Doppel-Schleusen. III. 176.
Dossirungen. IV. 289.
Drehbäume. III. 274. 342.
Drehungs-Achsen der Schleusen-Thore. III. 254.
Drempel. III. 179.
Durchlässe. IV. 291. 338.
— beberförmige. IV. 345.
Durchstiche. I. 347. II. 202.

Eckstücke an Schleusen-Thoren. III. 337.
Eilböte. IV. 156.
Einbaue. I. 380.
Eindeichungen. IV. 361.
Einlagen bei Deichen. IV. 408.
Einschnitte. IV. 267.
Eisenbahnen. I. 94. IV. 155.
Eisenbeschläge der Schleusen-Thore. III. 268.
Eisgang. I. 202.
Eispfähle, I. 117.
Eis-Sprengen. I. 207.
Eis-Stopfung. I. 202. 345.
Enclavirungen. II. 227.
Entwässerung der Polder. IV. 388.
— künstliche. IV. 389.
Erd-Anker. I. 61. 110.
Erd-Arbeiten. IV. 192. 253.
— Berechnung ders. IV. 254.
Erd-Schüttungen. IV. 288.
Erd-Transporte. IV. 269.
Excavatoren. IV. 267.

Fachbäume bei Wehren. II. 272.
Fächerthore. IV, 86.
Fahrtiefen. III. 85.
Fahrwasser, Reinigen dess. II. 368.
— Vertiefen dess. II. 333.
Fallkessel. IV. 217.
Faschinen. II. 96.
— Auslegen ders. II. 128.
— Binden ders. II. 102.
Faschinen-Lagen. II. 118.
— schwebende. II. 141.
Faschinen-Messer. II. 108.
— Pfähle. II. 110.
Festigkeit der Mauern. I. 38.
Filtration der Canäle. IV. 165.
Fischwehre. II. 256.
Flechtbänder. II. 110.
Flechtruthen. II. 188.
Flechtzäune. II. 187.
Flösserei. III. 158.
— von Scheitholz. III. 164.
Flottmasse. IV. 171.
Flügel-Buhnen. I. 388. II. 44.
Flügel-Mauern der Schiffs-Schleusen. IV. 89.
Fluss-Häfen. I. 413. III. 151.
Fluss-Schiffahrt. III. 93.
Fluss-Thäler. I. 144.
Fluth-Thore. III. 185.
Fluth-Wellen. I. 195. II. 331. III. 88.
Fowlersches Rad. III. 118.
Freiarchen. II. 280.
Füllmasse. IV. 170.
Furthen. I. 147.
Futtermauern. I. 4. 51.

Galvanische Entzündung. III. 37. 42.
Gebirgs-Bäche. I. 186.
Geest. IV. 366.
Gefälle der Speisegräben. IV. 212.
— der Ströme. I. 148. II. 18.
— starke. II. 54. III. 114.
Gegenströmung. III. 125.
Geneigte Ebnen. IV. 104.
— mit beweglichen Kammern. IV. 112.
— mit Scheiteln. IV. 116. 127.
— mit festen Kammern. IV. 119.
— Betrieb auf dens. IV. 144.
Geschwindigkeit der Ströme. II. 17.
— in verschied. Tiefen. I. 292. II. 17.
— bei Anschwellungen. I. 199.
— treibender Schiffe. I. 248. 278.
— gleichförmige. I. 297.
— mittlere. I. 279.
— ungleichförmige. I. 318.
Geschwindigkeits-Messungen. I. 247.
— Scalen. I. 280.
Gordungs-Wände. I. 102.
Griesholme. II. 288.
Gries-Säulen. II. 281.
Grund-Ablässe. II. 258,
Grund-Eis. I. 202.
Grund-Schwellen. II. 40.
Grund-Wehre. II. 249.

Haken-Keile. II. 396. III. 18.
Haken-Pfähle. II. 111.
Halsbänder der Schleusen-Thore. III. 259. 328.
— Verankerung ders. III. 328.
Heben versunkener Anker. II. 384.
— v. Bäumen. II. 378.
— v. Schiffen. II. 378.
— der Steine. II. 385.
— der Erde. IV. 272.
— senkrechtes, der Schiffe. IV. 98.
Heerdmauern. III. 215.
Hinterböden. III. 178.
Hinterketten. IV. 124. 136.
Höfter. I. 382.
Holme. I. 104.
Hydrometrischer Flügel. I. 256.
— Rad. I. 255.
— Schnellwage. I. 261.
— Stab. I. 252.

Inclinante Buhnen. I. 396. II. 48.
Inseln. I. 166.
Inundations-Gebiet. I. 220.

Kahden. IV. 401.
Kalfatern. III. 209.
Kammerböden, hölzerne. III. 202.
— massive. III. 199.
Kammer-Mauern. III. 194.
Kammer-Schleusen. III. 115. 171.
Kappen der Deiche. IV. 376.
Kappstürzungen. IV. 404.
Kaspen. III. 207.
Kasten-Pumpen. IV. 395.
Katze, an Krahnen. I. 88.
Kessel-Pflanzung. II. 198.
— Schleusen. III. 175.
Ketten-Schiffahrt. III. 104.
Klammern. I. 141.
Klappen in Schleusen-Thoren. IV. 10. 25.
Klapp-Pfosten. II. 297.
— Schleusen. IV. 146.
— Thore. III. 246. 282.
— Wehre. II. 300.
Klausen. III. 164.
Königsstiel. IV. 55.
Köpfe, kurze Buhnen. II. 38.
— Untiefen. I. 147.
Komplaten. III. 218.
Kopf-Pfähle. I. 117.
Krahne. I. 85.
Kratzen. II. 340.
Krauten. II. 370.
Kribben. I. 382.
Kribbmeister. II. 129.
Krüper. IV. 387.
Kugel zu Geschw.-Mess. I. 250.
Kuppel-Schleusen. III. 188.

Ladebäume. I. 79.
Ladebrücken. I. 126.
Läufer. I. 48.
Längen-Profile der Ströme. I. 237.
Laufbrücken auf Schleusen-Thoren. III. 258.
Laufkrahne. I. 89.
Leinpfade an Canälen. IV. 206. 262.
— an Strömen. III. 98. 136.
Leinpfads-Brücken. III. 145.
— Coupirungen. II. 232.
Leitrollen. III. 143.
Linth-Correction. I. 173.
Log. I. 254.
Loth. I. 281.
Luft-Schleusen. III. 76.

Mantel, Hebe-Vorrichtung. I. 77.

Marsch. IV. 366.
Masten-Krahne. III. 151.
Mauern. I. 65.
— trockne. I. 94.
Marqueur. I. 240.
Meere. IV. 365.
Merkpfähle. II. 253.
Mittel-Balken. III. 213.
— Stiele. III. 257.
Moos. I. 96.
Mörtel. I. 69.
Mündungen der Bäche. I. 186.
— in Canäle. IV. 217.

Nadeln. II. 316. 330.
Nadel-Wehre. II. 315.
Nadi's Flasche. I. 282.
Neeren. I. 279.
Nester-Pflanzung. II. 197.
Nivellement der Ströme. I. 224.
Normal-Breite. I. 354.

Ober-Böden. III. 178.
— massive. III. 227.
Ober-Canäle. III. 119.
Oberländischer Canal. IV. 129.
Oberwasser b. Schiffs-Schleusen. IV. 87.

Packwerksbau. II. 92. 126.
— Material dess. II. 96.
— Sicherung dess. II. 154.
Packwerksbau in den Niederlanden. II. 151.
Parallel-Werke. I. 375. II. 56.
Pegel. I. 240.
Peilstangen. I. 228.
Perré. I. 97.
Pfand, im Deich. IV. 398.
Pfannen. III. 258.
— Träger. III. 218.
Pitot'sche Röhre. I. 268.
Pflanzungen. II. 192.
Pflanzlinien. I. 383.
Pflasterung der Buhnen. II. 71.
Pfuhl. II. 15.
Polder. IV. 365.
— Entwässerung ders. IV. 388.
Ponton-Thore. III. 312.
Pritschen bei Wehren. II. 267.
Profilweite der Ströme. II. 11.
Pülv-Lagen. II. 120.

Pütten. IV. 382.
Pumpräder. IV. 394.

Quer-Profile der Canäle. IV. 195. 311.
— der Ströme. I. 220. 238.

Rahme der Schleusen-Thore. III. 256.
Rand-Würste. II. 132.
Rauhwehren. II. 172.
Rauschen. I. 382. II. 191.
Rauschbuhnen. II. 56.
Reactions-Schiffe. III. 108.
Regulirung der Ströme. I. 341.
Reib-Pfähle. I. 117.
Reibung der Erde. I. 9.
Reservoire. I. 170. IV. 228.
Richtwerke. I. 375.
Riegel d. Schleusen-Thore. III. 256. 308.
Rigolen. IV. 211.
Ringfahrten. IV. 390.
Ringsloote. IV. 390.
Rollbrücken. IV. 105.
Rollen unter Schleusen-Thoren. III. 344.
Roll-Krahne. I. 89.
Roll-Schichten. I. 45.
Rücklagen II. 130.
Rüstungen, fliegende. I. 76.
Runsen. I. 172.

Sand. I. 165.
Sacken der Dämme. IV. 257. 290.
Sacken der Schiffe. III. 95.
Sandstracken. III. 207.
Scaphander III. 58.
Schacht-Schleusen. III. 189.
Schart-Deiche. IV. 374.
Schart-Ufer. I. 223.
Scheitel-Strecken. IV. 182.
Schichten in Mauern. I. 41.
Schiffahrts-Anlagen. III. 81. 148.
Schiffahrts-Canäle. IV. 153.
— Anordnung ders. IV. 155.
— Gefälle ders. VI. 196.
— Quer-Profile ders. IV. 195.
Schiffe. III. 84. IV. 133.
— Anlegen ders. III. 97.
— Ankern ders. III. 148.
Schiffs-Durchlässe. II. 59. III. 124.
Schiffs Halter. III. 149.
Schiffs-Ringe. IV. 43.
Schiffs-Schleusen. III. 169. IV. 1.
— eigenthümliche. IV. 49.

Schiffs-Schleusen, gufseiserne. III. 241.
— Nebentheile ders. IV. 87.
— mit Seitenbassins. IV. 79.
Schlachten. I. 382. II. 248.
Schlaf-Deiche. IV. 366.
Schlagsäulen. III. 256.
Schlagschwellen. III. 179. 217.
Schlengen. I. 382.
Schlepp-Schiffe. III. 101.
Schleusen-Canäle. III. 118.
Schleusen-Gefälle. III. 188.
Schleusen-Häupter. III. 174. 211.
Schleusen-Kammern. III. 179. 192.
— Füllen und Leeren ders. IV. 8.
— hängende. IV. 96.
— schwimmende. IV. 95.
Schleusen-Thore. III. 180. 246.
— eiserne. III. 285. 298.
— gekrümmte. III. 249. 275.
— hölzerne. III. 247. 259.
— hohle. III. 307. 352.
— Befestigung ders. III. 313. 354.
— Einhängen ders. III. 333.
— Oeffnen ders. III. 357.
— Unterstützen ders. III. 240. 336.
Schleusungen. III. 88.
Schlickfänge. I. 382. II. 181.
Schlickzäune. II. 182.
Schlösser in Faschinen. II. 109.
Schnallen. III. 341.
Schöpfbuhnen. I. 383. 408.
Schofsthüren. III. 265.
Schürze bei Coupirungen. II. 237.
Schütze. II. 284. IV. 6. 22.
— drehbare. IV. 9.
Schurbäume. III. 94.
Schwalpen. III. 209.
Schwellrahme. III. 256.
Schwimmbäume. II. 142.
Schwimmer, Geschwindigkeits-Messung. I. 248. 268.
Segel-Schiffahrt. III. 91.
Seiten-Bassins. IV. 79.
Seiten-Canäle. IV. 192.
Seitendruck der Erde. I. 8.
Seiten-Zuflüsse. I. 169.
Senkfaschinen. II. 78.
Senkkasten. II. 76. 268.
Senkkörbe. II. 89.
Senklagen. II. 177.
Senkrechte Buhnen. I. 396.
Senkstücke. II. 162. 240.
Separations-Werke. I. 411. II. 47.
Serpentinen. I. 144.
Setzeisen. II. 196.
Setzpfosten. II. 288.
Sicherheits-Thore. IV. 228.
Siele. IV. 388.
Sielpflug. II. 361.
Sieltiefe. IV. 384.
Sommer-Deiche. IV. 365.
Sommer-Leinpfade. III. 189.
Speise-Bassins der Canäle. IV. 228.
— Ableitung ders. IV. 245.
— Abschlufs ders. IV. 280.
— Ergiebigkeit ders. IV. 229.
Speise-Gräben der Canäle. IV. 211.
Speisung der Canäle. IV. 185. 208.
Sperrbuhnen. I. 383.
Spiekpfahle. II. 110.
Spreitlagen. II. 172.
Sprengen der Felsen. III. 8.
— ohne Bohrlöcher. III. 48.
Sprengröhren. III. 4.
Spülthore. IV. 51.
Spundwände. I. 108.
Stabilität der Mauern. I. 51.
Stacken. I. 382.
Stangen-Wehre. II. 267.
Stau-Anlagen. II. 245.
Stau-Höhen. I. 336. II. 250.
Stau-Kasten. III. 10.
Stau-Schleusen. II. 59. III. 122.
Stau-Schwellen. II. 249.
Stau-Weiten. I. 333. II. 250.
Stecklinge. II. 196.
Steinbuhnen. II. 63.
Steindübel. I. 67.
Steinklammern. I. 66.
Steinklauen. I. 74.
Steinkörbe. II. 387.
Steinschüttungen. I. 373. II. 65.
Steinzangen. I. 74. II. 390.
Stemmthore. III. 246.
Strebepfeiler. I. 56.
Streben an Schleusen-Thoren. III. 269.
Strecker. I. 43.
Streichbäume. III. 141.
Streichlinien. I. 387. II. 25.
Streichruder. III. 93.
Streichwerke. I. 375.
Strömung, Wirkung ders. I. 158. 355.
— vor Buhnen. I. 362.
Stromarme. II. 46.
Strombauten. II. 1. 61.
Strombetten. I. 133.
Stromcharten. I. 215.
Stromcoupirungen. II. 226.
Stromdurchstiche. II. 202.
Stromkrümmungen. II. 28.

Stromregulirung. I. 341. II. 8.
Stromschiffahrt. II. 6.
Stromschnellen. II. 13. 54.
Stromspaltungen. I. 187. 399. II. 47.
Stromstrich. I. 219.
Stromquadrant. I. 262.
Stroppe. I. 74.
Sturmthore. III. 185.
Sturz-Betten. II. 283.
Stürz-Bühnen. IV. 271.
Suez-Canal. IV. 278.

Tachometer. I. 266.
Taucher-Apparate. III. 46.
— Glocken. III. 59.
— Helme. III. 46.
— Lampen. III. 58.
— Schachte. III. 70.
— Schiffe. III. 65.
Teufelsklauen. II. 392.
Thäler. I. 167.
Thalfahrt. III. 92.
Thalsperren. I. 181.
Themse-Tunnel. IV. 326.
Thorkammern. III. 178.
Thornischen. III. 180.
Thorzapfen. III. 315.
Tiefen-Messungen. I. 228.
— auf Felsboden. I. 235. III. 25.
Tiefenlinien. I. 219.
Torf zum Dichten. IV. 305.
Torfgräbereien. IV. 389.
Touage. III. 104.
Tragreiser. II. 141.
Traversen. II. 182.
Treideln. III. 92.
Treppen in Schleusen. IV. 45.
Triangel-Werke. I. 398.
Triften. III. 164.
Triftrechen. III. 167.

Ueberfälle. I. 336. IV. 219.
Ueberlässe. IV. 372.
Ueberschläge der Leinpfade. III. 140.
Ufer. I. 149.
— Abbrüche. I. 345.
— Deckungen. I. 369. II. 124. 148.
— Linien. II. 25.
— Schälungen. I. 1.
Umläufe. III. 242. IV. 12.
— verzweigte. IV. 21. 35.
Unter-Canäle. III. 119.
Unter-Böden. III. 178.
Unterirdische Canäle. IV. 309.
— Ausführung ders. IV. 318.
— Leinpfade darin. IV. 312.
— Schiffahrt-Betrieb. IV. 314.

Verbindung der Schichten. I. 66.
Verdunstung. IV. 164.
Verkleidung der Mauern. I. 44.
Verlandungen. I. 356. II. 219.
Versatz-Balken. II. 290.
Versetzen der Werkstücke. I. 69.
Vertiefung durch Strömung. I. 358. II. 342.
— des Fahrwassers. III. 1.
Vorböden. II. 270. III. 178.
Vorfluth. I. 344.
Vorlagen im Packwerk. II. 128.
Vorreiber an Spülthoren. IV. 65.

Waarde. II. 199.
Wacht-Thüren. IV. 392.
Wände, aufgesetzte. I. 101.
Wagen auf geneigten Ebnen. IV. 118. 140.
Wahrschauen. III. 150.
Warp-Ketten oder Taue. III. 108.
— ohne Ende. III. 110.
Warp-Schiffahrt. III. 104. IV. 157.
Wasserbedarf der Canäle. IV. 163.
— der Schleusen. IV. 87. 170.
Wasserfälle. I. 141.
Wasserfahne. I. 262.
Wasserfernrohr. III. 79.
Wasserlösen. IV. 219.
Wassermengen der Ströme. I. 200. 316. II. 16.
Wasserpest. II. 372.
Wasserstände. I. 187.
Wasserstands-Messungen. I. 192. 239.
— Scalen. I. 246.
Wehre. II. 248.
— bewegliche. II. 298.
— halbmassive. II. 265.
— hölzerne. II. 268.
— hydrostatische. II. 303.
— massive. II. 254.
— selbstthätige. II. 302.
Weiden-Pflanzungen. I. 152. II. 195.
Wellen, stehende, I. 365. III. 126.
Wendenischen. III. 236.
Wendesäulen. II. 295. III. 255.
Widerstand der Schiffe. IV. 197.
Widerströme. I. 279.

Wiegen der Schiffe. IV. 48.
Winde, polnische. II. 375.
Winter-Deiche. IV. 365.
Wippen. II. 104.
Wirbel. I. 366.
Wolf. I. 74.
Woltman'scher Flügel. I. 256.
Woog. I. 147.
Würste. II. 104.
Wuhre. I. 382.
Wurfräder. IV. 390.
Wurzeln der Buhnen. II. 155.

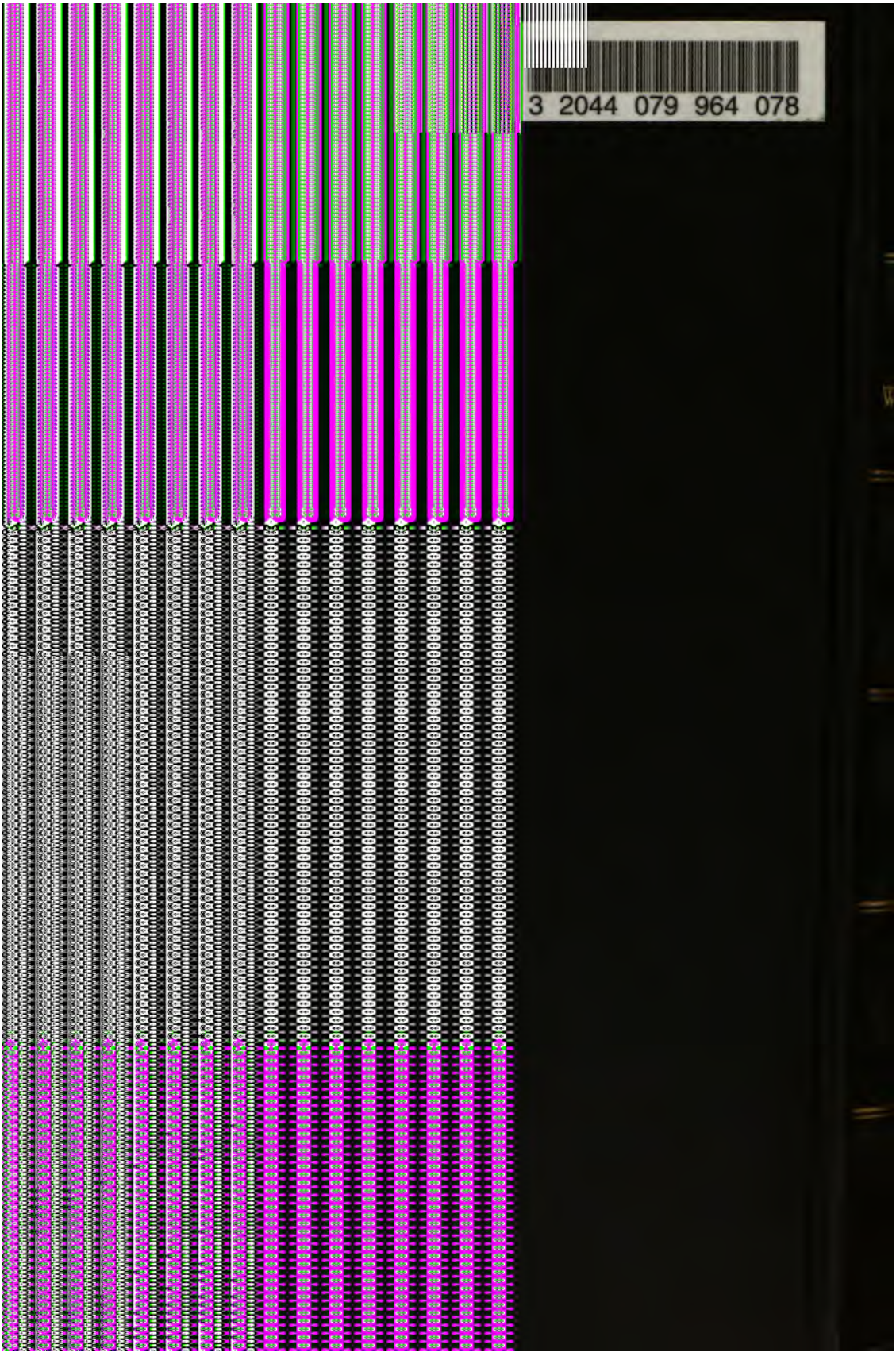
Zangen an Bohlwerken. I. 106.
Zwischenwerke. II. 50.
Zündfäden. III. 35.
Zündnadeln. III. 5.
Zündröhren. III. 9.
Zugbänder an Schleusen-Thoren. III. 269. 338.

A. W. Schadels Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.


3 2044 079 964 078